DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Dreizehnter Jahrgang | 31. Juli 1925 | Heft 31

Über Kontinentverschiebungen.

Von Otto Ampferer, Wien.

Die Frage nach der Möglichkeit und dem wirklichen Vorhandensein von Kontinentverschiebungen ist getrennt zu behandeln, und auch jene der Polverschiebungen ist damit nicht notwendig verbunden. Die Hypothese von Wegener hat nun hier eine bestimmte Verbindung hergestellt und damit tief in die ganze geologische Entwicklungsgeschichte eingegriffen, hier Zustimmung, dort Ablehnung findend.

Einer Hypothese, an welcher man nicht vorbeigehen, sondern die man zu seinen eigenen Arbeitsmitteln zählen will, kann man in sehr verschiedener Weise gegenüber stehen. Das Häufigste ist wohl auf der einen Seite eine Zusammentragung aller erreichbaren günstigen Momente, auf der anderen wiederum eine solche aller ungünstigen.

So wirkungsvoll diese beiden Methoden auch bei der Anwendung sind, so enthalten sie doch schon an und für sich durch ihre absolute Einseitigkeit große Fehlerquellen. Außerdem verkennen sie aber auch das Lebendige eines Gedankengebildes, dem man keinen Dienst erweist, ob man dasselbe nun auf einen vergoldeten Sockel zu heben oder aber in einem Sarge zu begraben versucht.

Ich glaube, es gibt hier nur einen Standpunkt, der dem Geistigen einer solchen Hypothese keine Gewalt antut, und das ist jener eines völligen Entgegenkommens, aber eines Entgegenkommens mit stetig wachsamer Kritik und dem ehrlichen Willen zu jeder möglichen Verbesserung.

Der Gedanke einer Verschiebung der Kontinente ist gewiß nicht neu und hat schon dadurch seine Lebenskraft bewiesen. Er findet sich, wenn ich nur einige deutsche Autoren herausgreife, in verschiedenen Variationen schon bei Kant, bei Humboldt, bei Peschel, bei Löffelholz, Wettstein, Simroth und vor allem bei Kreichgauer, welcher in seinem Werke über die Äquatorfrage in der Geologie ausführlich darauf eingegangen ist und viele Konsequenzen einer solchen Annahme bis ins Einzelne verfolgt hat. Wegener hat diesen Gedanken neu ergriffen und zu einer vollständigen Lehre ausgebaut, für welche er seit 1911 in zahlreichen Vorträgen und Aufsätzen mit großer Energie und Zähigkeit immer wieder eingetreten ist. Ich kann also wohl seine Ansichten als bekannt voraussetzen und sogleich zu einer Besprechung derselben übergehen.

Stellen wir uns die Erde als eine riesige und rasch auf einer komplizierten Bahn durch den Weltraum rotierende Kugel vor und bedenken wir dabei ihre Entwicklung von einer glühenden Gasmasse zu einer feuerflüssigen und endlich zu einer schwach umkrusteten Kugel, so werden wir den Gedanken, daß es auf und in dieser Kugel kein gegeneinander starres System jemals gab, noch auch heute gibt, kaum als unwahrscheinlich von der Hand weisen. Bei dem unaufhörlichen Zerfallen und Umbilden und Neubilden aller Teilchen wäre eine solche Stabilität geradezu als ein mechanisches Wunder zu bezeichnen. Ich stehe daher nicht an, die Beweglichkeit der Teile und Teilchen gegeneinander in und auf der Erde für das Gewöhnliche und die Unbeweglichkeit für das Seltene zu halten. Das wäre etwa als allgemeine Begründung für eine kinetische Betrachtung der Erdoberfläche zu sagen.

Wegener geht nun einerseits von der Ähnlichkeit der scheinbar auseinander gerissenen gegenüber liegenden Kontinenträndern, anderseits von der merkwürdigen Tatsache aus, daß auf der Erdoberfläche 2 Niveauflächen herrschend sind, denen gegenüber alle anderen Abweichungen zurücktreten. Beide Argumente bestehen in Wirklichkeit und man hat keinen Gewinn, wenn man dieselben etwa lediglich als Zufälligkeiten betrachten wollte. Die Ähnlichkeit der gegenüber liegenden Kontinenträndern besteht nur im großen und ganzen, doch nicht in allen Einzelheiten. Die Gesetzmäßigkeit der zwei vorherrschenden Niveauflächen, von denen die eine etwa 4700 m unter dem Meeresspiegel, die andere etwa 100 m darüber liegt, ist schon lange bekannt und durch die sog. hypsometrische Kurve von Krümmel, Penck, Trabert, Wegener veranschaulicht worden. Diese Kurve entspricht nicht einem wirklich vorhandenen Oberflächenquerschnitt, sondern einem ausgerechneten Durchschnittsverhältnis der vorhandenen Höhenunterschiede. Sie ist z. B. von Krümmel wie Fig. 1 zeigt in horizontaler, von Wegener in vertikaler Anlage aufgezeichnet worden. Ohne die Dimensionen dieser Kurve irgendwie zu verändern, kann man ihr auch den in Fig. 1 abgebildeten Verlauf geben, welcher dem natürlichen Relief der Erdoberfläche getreuer entspricht. Es stoßen nämlich die zwei großen Niveauflächen im allgemeinen nicht unmittelbar aneinander, sondern es sind die Zonen der großen Tiefen und jene der großen Höhen zwischen ihnen angeordnet.

Betrachten wir nun diese natürlich gruppierte hypsometrische Kurve, so spricht die Anordnung der großen Höhen und Tiefen und ihre Ausbildung in langen schmalen Zonen wohl für einen gegenseitigen Zusammenhang. Die großen Höhen sind aber Falt- und Schubgebilde von äußerster Komplikation, die großen Tiefen dagegen Einsenkungen von nicht näher bekannter Bauart. Das Auftreten von 2 so deutlich voneinander getrennten Hauptniveauflächen deutet nun Wegener als den Ausdruck eines isostatischen Gleichgewichtes zwischen leichteren Kontinentschollen und einer schwereren

Erdmasse in und auf der die Kontinente schwimmen. In Anlehnung an EDUARD SUESS wird die erstere Massenart als *Sial*, die zweite als *Sima* bezeichnet. Zur Verdeutlichung seiner Vorstellung bedient sich WEGENER immer wieder des Bildes der im Meere schwimmenden Treibeisschollen. Ob dieses Bild zur Erklärung der beiden Niveauflächen unserer Erde genügt, erscheint mir zweifelhaft.

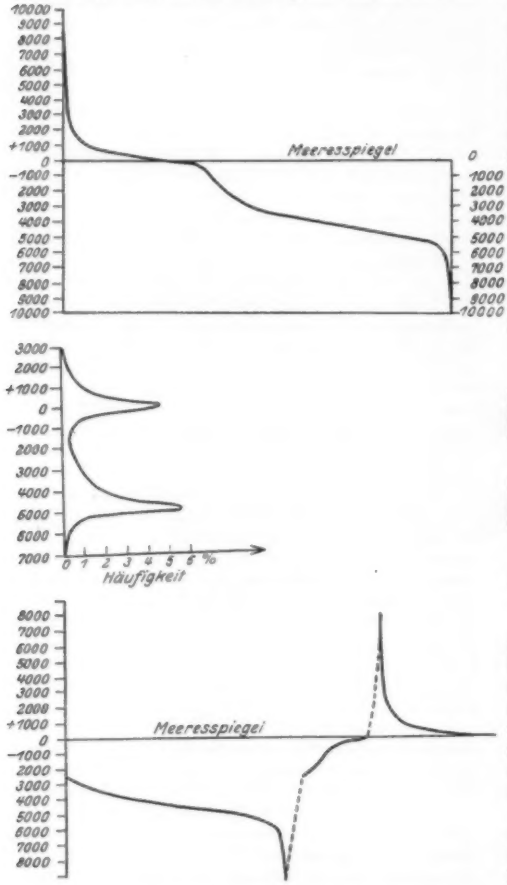


Fig. 1. Darstellungen der hypsometrischen Kurve der Erdoberfläche. Oben nach KRÜMMEL, in der Mitte nach WEGENER, unten in natürlicher Anordnung der Hauptelemente.

An dem Vorhandensein der beiden Flächen ist jedoch kein Zweifel möglich. Auch das Eingreifen eines Gleichgewichtes durch Senkung schwerer Teile und Hebung leichterer scheint mir wohlbegründet zu sein. Es ist aber eine andere Frage, ob sich hier wirklich ein so einfaches Gleichgewicht vollzieht oder ob nicht doch kompliziertere Verhältnisse darunter verborgen liegen.

Zunächst ist einmal zu bedenken, daß es sich hier neben einem *statischen* doch auch möglicherweise um ein *kinetisches* Gleichgewicht handeln könnte. Es könnte der Auftrieb der Kontinentmassen z. B. auch durch ein gasreicheres und aktiveres Magma verursacht werden, das einen stärkeren Gegendruck gegen die auflastende Erdhaut auszuüben vermag. In diesem Sinne würden die Kontinente gleichsam etwas stärker aufgetriebene Stellen als die Ozeanböden bedeuten. Es kann sich aber auch, z. B. bei rein statischem Gleichgewicht, um das Zusammenspielen von mehr als zwei verschieden schweren Massenbereichen handeln. In diesem Falle könnte z. B. die oberste Erdhaut überall aus einer ziemlich ähnlichen, bunt zusammengeflickten Schichtenhülle bestehen, aber unter den Kontinenten eine Zone von etwas leichterem Magma liegen als unter den Meeresböden (Fig. 2). Auch die Umkehrung ist denkbar, daß unter den Meeresbecken noch eine schwerere Zone eingeschaltet ist.

Diese Verhältnisse würden die 2 Hauptniveauflächen ebenso gut erklären und nicht zu der geologisch unwahrscheinlichen Annahme führen, daß am Boden der Meere schon unmittelbar die schwerere Erdmasse herausstreicht. WEGENER ist aber der Meinung, daß die Ozeanböden erst gleichsam durch das Hinwegziehen der leichteren darüber liegenden Hüllschichten bloßgelegt und so die Meeresräume erst geschaffen sein sollen.

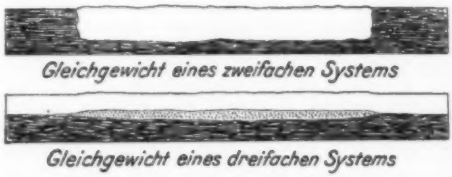


Fig. 2. Beispiele von Isostasie zwischen je zwei oder je drei verschieden schweren Zonen.

Die Schaffung der Meeresräume ist ebenfalls wieder ein geologisches Problem von großer Tragweite. In Fig. 3 sieht man eine schematisierte Darstellung der hauptsächlichsten hier in Betracht kommenden geometrischen Möglichkeiten. Es könnte die Schaffung der Meeresräume zunächst durch reine Senkung vollzogen werden. Diese könnte einerseits als Niederbiegung ohne große Zerreißungen, anderseits aber auch als Einbruch mit entsprechenden Randspalten ausgebildet sein. Dann kommt die Möglichkeit in Betracht, daß durch äußere Kräfte die leichteren Deckschollen gleichsam zur Seite geschoben werden und die Meere die so entstehenden Hohlräume besetzen. Die Verschiebungsfläche würde hier etwa dem Niveau der Ozeanböden entsprechen.

Eine andere Möglichkeit ist dann ein Aus-

einanderschieben der leichteren Hüllschichten aber entlang einer tiefliegenden Verschubszone. Ein solches Auseinanderschieben könnte sowohl durch äußere als auch durch innere Kräfte geschehen. Im letzteren Falle hätten wir es mit einer Unterströmung zu tun. Eine solche ist nur möglich, wenn an der Vorderseite der wandernden Schollen die entgegenstehenden Massen eingesaugt und an der Rückseite die aufreißenden Spalten von unten her mit Schmelzflüssen nachgefüllt werden. Es würden dann die Meeresböden die neugebildeten und mit offenbar schwereren Magmen verheilten Oberflächen, die Kontinente aber Reste der alten nicht eingeschmolzenen Kruste vorstellen. Die zwei ersten Erklärungen der Ozeanbecken durch Niederbiegungen oder Einbrüche setzen vertikale Bewegungen voraus. Die zwei anderen Erklärungen arbeiten vor allem mit horizontalen Bewegungen, ohne aber der vertikalen dabei entbehren zu können. Steht man auf dem Standpunkt der vertikalen Mechanik, so hat man noch die Auswahl, entweder die Kontinente durch hebende oder die Ozeane durch senkende Bewegungen entstehen zu lassen.

EDUARD SUESS hat in seinem Weltbild versucht, alle hierhergehörigen Erscheinungen nur mit senkenden Bewegungen zu erklären. Sehr viele Erscheinungen der Geologie und Morphologie lassen aber leichter die Deutung zu, daß sowohl hebende als auch senkende Bewegungen an der Bildung des Erdreliefs beteiligt sind. Mit vertikalen Bewegungen kann man natürlich die Ähnlichkeit von gegenüberliegenden Kontinenträndern nicht erklären. Für die Schaffung von 2 Hauptniveauflächen müßte man die Annahme machen, daß etwa die obere noch die Einstellung auf eine ältere, die untere aber jene auf eine jüngere neue Kugelfläche wäre. Die größere Ausdehnung der tieferen Niveaufläche wäre dann als das bereits erlangte Übergewicht der neuen kleineren Kugeleinstellung zu deuten. Diese Auffassung würde mit der Kontraktionstheorie Hand in Hand laufen.

Denkbar wäre aber auch die Umkehrung bei einer Vergrößerung der Erdkugel. Dann wären wieder die Kontinente die Neueinstellungen und die Ozeanböden die Reste eines alten Kugelniveaus. Die Überlegenheit der Verschiebungshypothese besteht dem gegenüber in der leichten Möglichkeit, Konturenähnlichkeiten, Verbiegungen, Drehungen, Zerreißungen von Kontinenten und kleineren Schollen zu erklären.

Sie wird in ihrer Bedeutung durch manche Ergebnisse der Erdbebenforschung und durch den Fortschritt der tektonischen Erforschung der Faltengebirgszonen wesentlich unterstützt, welcher immer mehr auf großartige Horizontalverschiebungen hinweist, die weit über den Bereich der Gebirgszonen hinaus die zustimmende Mitbewegung und Mitwirkung großer Teile der Kontinente unbedingt erfordern. Damit sind jedoch die Schwierigkeiten, welche der Hypothese der Kontinentverschiebungen entgegenstehen, noch lange nicht gelöst. Wenn man der WEGENERschen Darstellung folgt, so sind die heute getrennten Kontinente unserer Erde noch im Carbon zu einem einzigen, riesigen Urkontinent vereinigt. Dieser Urkontinent soll seinerseits durch Zusammenschieben und Zusammenfalten einer noch weit älteren, gleichmäßigen Hülle unseres Planeten entstanden sein. Hier stehen wir vor einer großen Unverständlichkeit. In der älteren Zeit soll eine, wie mit Recht angenommen wird, ursprünglich gleichmäßige und gleichartige Hülle der Erde zu einer riesigen, ganz einseitigen Kontinentscholle zusammengeschoben worden sein, in der folgenden jüngeren Zeit, genauer vom Carbon ab, soll dann dieser Urkontinent wieder zerrissen und in immer mehr kleine Stücke aufgelöst und über die ganze Oberfläche wieder zerstreut werden. Denselben ungewissen äußeren Kräften wird hier im ersten Fall die Störung einer bereits erreichten Regelmäßigkeit bis zur völlig

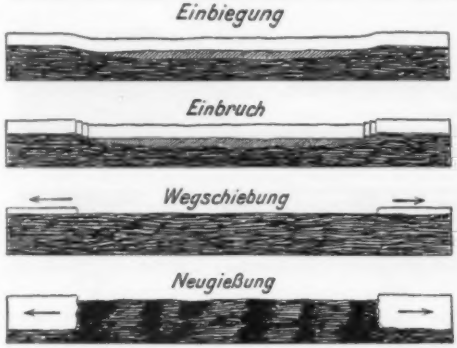


Fig. 3. Die wichtigsten geometrisch-geologischen Möglichkeiten der Raumschaffung für die Ozeane.

einseitigen Anhäufung der ganzen Hüllschichte zu einem Kontinent, im zweiten Fall gerade umgekehrt die Zerreißung und Zerstreuung dieses Kontinentes zugeschrieben.

Ich finde in WEGENERS Hypothese keine Möglichkeit zu einem Verständnis für diese völlig entgegengerichteten Umgestaltungen, welche zuerst zu einer Sammlung der ganzen leichteren Hülle an einer Stelle und dann wieder zu einer Zerstreuung derselben führen sollen. Als Ausgangsstelle für eine Beurteilung dieser Frage kann man nach der KANT-LAPLACEschen Theorie doch wohl nur eine ziemlich regelmäßige Verteilung der leichteren Hüllgesteine über die ganze Kugelfläche hin annehmen. Eine solche gleichmäßige Anordnung der leichteren Massen über den schwereren entspricht nicht nur der sehr vollkommenen Kugelgestalt der Erde, sondern auch der Ableitung derselben von einem glühenden, gasförmigen, später feuerflüssigen Weltkörper. In diesen Zuständen hoher Beweglichkeit ist die Herausbildung einer ziemlich regelmäßigen Hüllschicht das einzig

wahrscheinliche Ergebnis. Es ist also nur die Frage, wie kann aus einer ursprünglich offenbar ziemlich regelmäßigen und gleichartigen Umhüllung das heutige unregelmäßige Erdrelief abgeleitet werden. Durch die Bewegung der Erde kann eine ihr bereits angepaßte regelmäßige Lagerung nicht ohne weiteres zu einer unregelmäßigen verändert werden.

Die ältesten Ablagerungen, welche wir kennen, sind überall Gneiße und damit eng verschweißte Granite. Die Gneiße zeigen allenthalben intensive Faltung, jedoch nicht so sehr die Anordnung zu weithin streichenden Faltenzonen, sondern eine vielfach wechselnde Streichrichtung wie sie etwa einem mehrfachen Hin- und Herschieben entspricht.

Für eine Zusammenschiebung dieser Gesteinshülle von der ganzen Kugelschale auf etwa $^1/_3$ dieser Fläche sind gewiß keine ausreichenden Störungsformen vorhanden. Reichliches Einfließen von Magmen und ausgedehnte Einschmelzungen sind weiter für diese alten Gesteinszonen bezeichnend

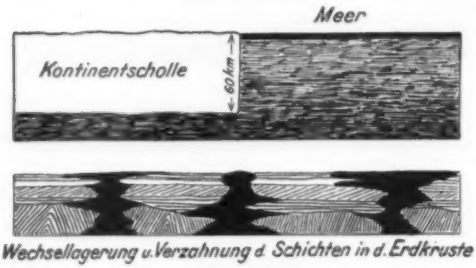


Fig. 4. Oben: Schematische Darstellung des Kontinentrandes (Sial) gegen Sima und Ozean nach WEGENER. Unten: Schematischer Querschnitt durch ein Stück von schwereren Magmen durchbrochener Erdhülle.

und zeigen an, daß das erstarrte und schon umgelagerte Material hin und hin neuerlich durch brochen und wieder verkittet wurde. Für eine Scheidung von großen, jeweils leichteren und schwereren Massenbereichen findet sich in den geologischen Erfahrungen hier kaum ein Anhalt. Je genauer die einzelnen Erdteile durchforscht werden, desto bunter stellt sich ihre Zusammensetzung heraus. Dabei grenzen die verschiedenen Gesteinskörper nicht mit scharfen vertikalen Grenzflächen gegen einander ab, sondern sie liegen wie Zwiebelschalen übereinander und sind hundertfach seitlich miteinander verzahnt (Fig. 4).

Was wir also von der wirklichen Struktur der Erdrinde bisher kennen gelernt haben, spricht keineswegs für eine schroffe Abgrenzung von ganz verschiedenen Massen und auch die größten bekannten Verwerfungen trennen keine so verschiedenen Gesteinsbereiche. Zudem sind ihre Sprunghöhen viel zu unbedeutend. Fassen wir diese Erfahrungen zusammen, so können wir sagen, daß uns die geologischen Befunde keinen Anhalt geben, wie aus einer ursprünglich gleichmäßigen Massenordnung jene Ungleichmäßigkeit hervorgehen soll, welche die Hypothese von WEGENER erfordert. Die zackigen und scharfeckigen Umrisse der Kontinente stimmen nicht zu der geologischen Innenstruktur der Kontinente. Sie legen gewiß den Gedanken an eine Zerreißung nahe.

Schiebt man die Kontinente wieder zusammen, so erhält man eine große mehr rundlich abgegrenzte Masse. Es ist klar, daß dies noch eine weit schroffere Einseitigkeit bedeutet als die heutige viel aufgelöstere und besser verteilte Lagerung der Kontinentmassen. Man kommt also durch Zusammenschieben unbedingt nur zu einer noch einseitigeren Massenverteilung. Anderseits ist es, von einer gleichmäßigen Urhülle ausgehend, nicht möglich, zu einer derartigen Einseitigkeit zu gelangen.

Hier klafft ein Riß durch die ganze Ableitung. Ich bin nun zu der Vorstellung gekommen, daß man hier ohne das Eingreifen eines neuen Ereignisses diese beiden entgegenlaufenden Entwicklungsreihen kaum verbinden kann. Als ein solches gewaltsames Ereignis käme nach meiner Einsicht noch am ehesten das Abreißen des Mondes von der Erde in Betracht.

Nach der Theorie von DARWIN und POINCARÈ entsteht bei genügend starker Rotation aus einem Kugelkörper allmählich ein birnförmiger, dann ein sanduhrförmiger Körper bis es endlich zum Abreissen der Mondmasse kommt. Es gilt nun allerdings diese Ableitung nur für einen homogenen Körper und die Anwendung auf die Erde ist also unsicher.

Bekanntlich hat schon EDUARD SUESS sich eingehend mit dem Gedanken der Wirkungen einer Mondablösung von der Erde beschäftigt. Mit Hilfe dieser Annahme wäre es nun möglich, eine von Anfang her gleichmäßige Bildung und Verteilung der Hüllschichte mit der heutigen unregelmäßigen Verteilung in Verbindung zu bringen. Durch die Abschnürung der Mondmasse muß in erster Linie ein großer Teil der früheren leichteren Hüllschichte samt tieferen Massen von der Erde abgesaugt und entfernt worden sein. Wenn man nun annimmt, daß z. B. die Kerne der Kontinentmassen noch Reste jener alten, gleichmäßigen und leichteren Hüllschichte vorstellen, so ist erstens ihre geringe Ausdehnung und zweitens der schroffe Gegensatz zu den dadurch entblößten tieferen und schwereren Massen wohl erklärt. Es wird aber weiterhin auch das Auseinanderweichen der alten Kontinentscholle zu der heutigen Schollenverteilung als Verminderung der einseitigen Verteilung verständlicher. Auf diese Weise bietet die Annahme einer Ablösung des Mondes die Möglichkeit, auf der Erdoberfläche nebeneinander scharf begrenzte leichtere Schollen und schwerere Massen zu erhalten.

Wir haben uns nun noch genauer mit der Mechanik der Schollenverschiebungen zu beschäftigen. Wenn ein leichterer Körper in einem schwereren Medium schwimmt, so verhalten sich die Höhen

von 2 Säulen dieser Körper von gleicher Grundfläche, welche im Gleichgewicht stehen, umgekehrt wie ihre spezifischen Gewichte. Wir kennen nun von dieser Gleichung nur den Betrag der Herausragung der leichteren Schollen und ungefähr das spezifische Gewicht der Gesteine dieser Schollen. Daher können wir die Dicke der schwimmenden Kontinentscholle nicht direkt bestimmen, sondern nur im Verhältnis von willkürlich eingesetzten Zahlen für die spezifischen Gewichte. Solche Berechnungen sind schon vielfach gemacht worden. Ist der Unterschied zwischen dem spezifischen Gewicht von Sial und Sima gering, so liegt die Ausgleichsfläche der Kontinentschollen sehr tief, ist er dagegen groß, so rückt diese Fläche bedeutend näher.

So ergibt sich nach WEGENER für die Dicke der Kontinentschollen z B. bei einem Verhältnis der spezifischen Gewichte von $2 \cdot 6 : 3$ ein Betrag von 53 km, bei einem Verhältnis von $2 \cdot 9 : 3$ aber schon ein solcher von 213 km. Die Lage der Verschiebungsfläche muß aber im wesentlichen mit der unteren Grenze der Kontinentschollen zusammenfallen, da ja sonst bei einer Verschiebung die oberen Teile der leichteren Schollen von ihrer Basis getrennt würden. Sie liegt also selbst bei großem Gewichtsunterschied noch sehr tief unter denOzeanböden. Eine Tiefenlage dieser Fläche von mindestens 50—60 km wird man wohl annehmen müssen. Es ist daher ganz unmöglich, etwa die Böden der Ozeane einfach als die Verschubsflächen der Kontinente anzusehen.

Wir wollen uns nun klar machen, was dies für den Vorgang einer Verschiebung großer Kontinentmassen zu bedeuten hat. Das bekannteste Beispiel für Kontinentverschiebungen ist die Loslösung und Abwanderung von *Amerika* von *Europa-Afrika*. Die Entfernung schwankt heute von unter 3000 bis über 6000 km. Nehmen wir der Einfachheit wegen eine Durchschnittsentfernung von ca. 4000 km an, so besagt dies, daß vor der Front von *Amerika* im Bereiche des *pazifischen Ozeans* eine Masse von 4000 km Breite, etwa 15 000 km Länge und etwa 60 km Tiefe entfernt worden sein muß, um eben *Amerika* Platz zu machen. Als Ersatz dafür muß eine Masse von ähnlicher Größenordnung im Bereiche des *atlantischen Ozeans* neu hinzugefügt worden sein. Diese rein geometrische Forderung ist nicht zu umgehen und sie hat außerdem sicherlich nur den Charakter einer Mindestforderung.

An diesen Beträgen ändert sich nichts, wenn dieselben auch erst in langen Zeiten zu dieser Höhe anwachsen.

Wie soll nun dieser gewaltige Massenaustausch zur Ausführung gelangen. Ein seitlicher Austausch ist bei der ungeheuren Länge von *Amerika* und dem nahen Zusammenhang mit *Asien* und *Antarktis* völlig ausgeschlossen. So verbleibt einzig die Möglichkeit, daß der große Massenaustausch unter *Amerika* hindurch im Innern der Erde sich abspielt. Das ist natürlich nicht so zu verstehen, als ob gerade dieselben Massen im *Pazifik* verschwänden, die im *Atlantik* wieder auftauchen. Es genügt vollkommen, wenn beiderseits nur Massen von ähnlicher Größenordnung gesenkt und gehoben werden (Fig. 5). So ist eine derartige Verschiebung von *Amerika* ohne Störung der Kugelform mechanisch möglich und verständlich. Sie setzt also einen Massenaustausch großen Stiles in der Tiefe voraus. Nun kann sich dieser Massenaustausch grundsätzlich auf zwei ganz verschiedene Weisen vollziehen. Er kann zunächst, so wie WEGENER meint, durch einen äußeren Antrieb der leichteren Schollen entstehen (Fig. 6). In diesem Falle entspricht z. B.

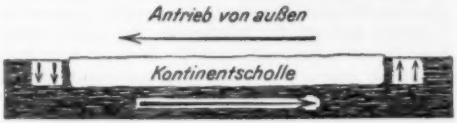


Fig. 5. Schema einer Kontinentverschiebung durch äußere Kräfte. Der dazu nötige Massenaustausch besteht vor der Stirne des wandernden Kontinents in Wegführung, an der Rückseite in Zuführung von unterirdischen Massen. Der Ausgleich erfolgt durch Unterströmung.

Fig. 6. Schema von Kontinentverschiebungen durch auf- und absteigende Strömungen im Erdinnern.

der Westbewegung von *Amerika* in der Tiefe ein zugeordneter nach Osten fließender Ausgleichsstrom. Es ist aber auch möglich, daß umgekehrt die Bewegungen der leichteren Schollen ganz von Unterströmungen verursacht und getragen werden. In diesem Falle würde z. B. einer aufsteigenden Strömung unterhalb der *Kontinentmassen* eine absteigende unterhalb des *pazifischen Ozeans* zugeordnet sein (Fig. 6). Diese aufsteigende Strömung wäre zugleich die Ursache für die immer weiter gehende Zerreißung der großen Kontinentmasse in kleinere Stücke und für die Auseinanderzerrung dieser Trümmer.

Es ist klar, daß sich diese beiden, wesentlich verschiedenen Erklärungen in ihren Wirkungen

auf die Trift der leichteren Schollen sehr unterscheiden müssen. Im ersten Fall haben wir nur eine bestimmte Triftrichtung zu erwarten, im zweiten ist es dagegen wahrscheinlicher, daß die randlichen Schollen nach allen Seiten von der Mittelscholle solange abtriften, bis das neue Gleichgewicht erreicht ist.

Nachdem wir die Großordnung des Massenaustausches erkannt haben, welche bei der Annahme von Kontinentverschiebungen nicht zu umgehen ist, bleibt mir noch übrig, Einiges über die Detailausführung einer solchen Verschiebung zu bemerken. Wenn eine leichtere Scholle, welche etwa zu $^{11}/_{12}$ ihrer Dicke in einer schwereren zähflüssigen Masse steckt, nun in dieser verschoben wird, so bildet sich an der Vorderseite der wandernden Scholle, besonders wenn dieselbe breit ist, eine Aufwulstung und an der Rückseite eine Einmuldung in der zähflüssigen Grundlage aus (Fig. 7). Ein entsprechender Versuch ist z. B. mit Honig oder Leim oder Wachs unschwer auszuführen. Es darf auch nicht vergessen werden, daß die sog.

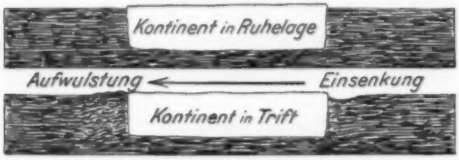


Fig. 7. Schema der Verschiebung einer Kontinentscholle durch äußere Kräfte in dem schwereren zähflüssigen Sima. Vor der Stirne entsteht eine Aufwulstung, im Rücken eine Einsenkung.

leichteren Schollen unserer Erdoberfläche keineswegs etwa von außen her in die schwerere Masse hineingetaucht worden sind, sondern vielmehr zugleich mit der letzteren aus derselben Urmasse sich ausgeschieden haben. Die Wirkung einer Verschiebung ändert sich auch nicht wesentlich, wenn dieselbe langsam vor sich geht. Es werden nur die Dimensionen der Aufwulstung und Einmuldung entsprechend verkleinert. Bei den Kontinentschollen erkennen wir aber eine andere Anordnung.

Amerika zeigt z. B. an seiner riesigen Stirnfront ein Faltengebirge und zugleich einen gewaltigen Tiefseegraben, an der Rückseite einen Abrißrand und ein normales Meeresbecken. Wir finden also hier vor der wandernden Scholle statt der Aufwulstung des Meeresbodens im Gegenteil eine Senkungszone von außerordentlich großer Erstreckung.

Man kann aber auch nicht behaupten, daß etwa die Auffaltung der *Anden* die Rolle einer solchen Stauungszone übernommen habe. Eine Kontinentscholle ist sowohl wegen ihrer etwas größeren Starrheit, als vor allem wegen ihrer Aufragung bei einer seitlichen Verschiebung gegen Faltung weit besser geschützt als die tieferliegende und zugleich mehr zähflüssige Simamasse der Meeresböden. Es müßte sich daher unter diesen Voraussetzungen die Stauungsfaltung bei der Verschiebung nicht auf dem hohen Kontinentrand, sondern vor allem am tiefen Meeresboden vollziehen.

Bei der steilen Abgrenzung der Kontinentschollen im Sinne WEGENERS ist es wohl unmöglich, daß die Faltung den Kontinent statt des Meeresbodens ergreift. Der hochliegende Kontinentrand ist ja geradezu vorzüglich dagegen geschützt, wogegen der tiefe weichere Meeresboden umgekehrt für eine Faltung sehr günstig liegt. Außerdem paßt die Faltungsart gar nicht zu dem ganzen Vorgang. Die Faltung der Kettengebirge ist eine sehr intensive Bewegung von verhältnismäßig dünnen Schichtdecken verbunden mit magmatischen Eingriffen. Hier würde es sich aber um die Stauung einer sehr mächtigen, mindestens 50—60 km dicken Scholle handeln (Fig. 8). Eine so dicke Platte würde aber bei einheitlicher Faltung ganz andere Strukturen ergeben als wie sie die irdischen Falten-

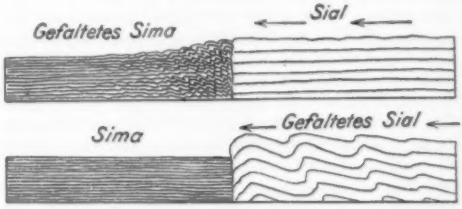


Fig. 8. Schematische Darstellung der Lage einer durch den Vorschub der Kontinentscholle gebildeten Faltungszone. Oben: richtige Anordnung. Unten: unrichtige Anordnung.

gebirge besitzen. Es ist also gar nicht wahrscheinlich, daß die *Anden* von *Amerika* ein Stauungswulst sind, welcher bei der Verschiebung an der Stirnfront entstanden sein soll. Diese Auffassung wäre richtig, wenn etwa die *Anden* aus dem hochgestauten Sima des aufgefalteten *pazifischen Meeresbodens* beständen, was aber nicht der Fall ist.

Man kann nun einwenden, daß bei einer langsamen Westbewegung von *Amerika* die Erosion imstande sei, die Kontinentscholle mit einem Saum von Abtragungsschutt zu umgürten. Infolgedessen würde das am Stirnrand aufgestaute Material doch nur wieder aus umgelagertem Sial bestehen. Es hätte also der Kontinentrand bei seiner Wanderung fortwährend nur seinen eigenen Abtragungsschutt vor sich her zu schieben und aufzufalten.

Auf diese Weise würde eine recht merkwürdige Faltenzone entstehen, indem vorne immer jüngere neugebildete Schichten angegliedert würden. Das Endergebnis wäre also eine Faltenzone, welche auf der einen Seite aus den ältesten, auf der anderen Seite aus den jüngsten Schichten aufgebaut ist, welche vom Anfang bis zum Ende der Kontinentverschiebung hier abgelagert wurden. Dazwischen wären die anderen Schichten genau dem Alter ihrer

Bildung und Faltung nach eingeordnet. Wir hätten also in der Verschiebungsrichtung hier sowohl immer jüngere Schichten als auch immer jüngere Faltungen zu erwarten. Eine Faltenzone von dieser Bauart gibt es nicht auf der Erde.

Wenn man an der Kontinentverschiebung festhalten will, so kommt man zu dem Schluß, daß an der Stirne der wandernden Kontinente keine solchen Auffaltungen des vorliegenden Meeresbodens stattfinden. Damit wird man aber wieder zu der Vorstellung geführt, daß hier die Wegschaffung des Materials an dessen Stelle eben der Kontinent einrückt, nur durch unterirdischen Massenaustausch und zwar vor der Stirnfront durch Einsaugung und hinter der Rückfront durch zugeordnete Aufquellung geschehen kann. Der Massenaustausch hätte, um noch einmal auf das Beispiel von *Amerika* zurückzukommen, im Bereich des *Pacifik* eine absteigende, einsaugende, dagegen in jenem des *Atlantik* eine aufsteigende, auseinanderschiebende Richtung. Der große Tiefseegraben vor der Stirnfront aber würde eine Zone von gesteigerten Einsaugungen bedeuten. Eine solche Mechanik des unterirdischen Massenaustausches ist aber wahrscheinlich nicht als Folge einer von äußeren Kräften angetriebenen Kontinenttrift, sondern vielmehr als ihre tiefere Veranlassung aufzufassen. In diesem Falle würde also der unterirdische Massenaustausch die leichteren Schollen in Bewegung versetzen und nicht umgekehrt die Verschiebung der Schollen erst den Massenaustausch hervorrufen. WEGENER versucht die Erklärung der Kontinentverschiebungen nur mit Hilfe von äußeren Kräften. Mir scheint zumindest die Mitwirkung von Strömungen des heißen Erdinnern unumgänglich zu sein.

Die Bergmannsche Regel.

Von RICHARD HESSE, Bonn[1]).

Jahrzehntelang hat in der zoologischen Wissenschaft unter dem Einfluß der Abstammungslehre die morphologische Untersuchung der Tiere und die Betrachtungsweise unter vorwiegend historischen Gesichtspunkten geherrscht; seit Anfang dieses Jahrhunderts beginnt aber neben der Physiologie mit ihren besonders lebhaft emporblühenden Zweigen, der Entwicklungsmechanik und der Vererbungslehre, auch die Ökologie wieder in den Vordergrund zu treten, wenn auch noch bescheiden neben den begünstigteren Schwestern. Die Ökologie betrachtet das Tier unter dem Einfluß seiner Umwelt, seiner leblosen wie seiner belebten Umwelt. Ihr Ziel ist in letzter Linie eine Analyse der Erscheinungen, die wir seit DARWIN als Kampf ums Dasein zusammenfassen. Überall bei der Betrachtung der lebenden Natur begegnen uns Anpassungen, d. h. Einrichtungen der Lebewesen, die ihrem Gedeihen förderlich sind. Während nun die physiologisch-anatomische Betrachtung die inneren Anpassungen des Tieres, das Zusammenwirken seiner Organe zur Betriebseinheit, die „Entharmonie" zu erforschen sucht, beschäftigt sich die Ökologie mit den äußeren Anpassungen des Tieres, z. B. an Klima, Boden und Nahrung, an Artgenossen, Symbionten und Feinde. Sie betrachtet das Tier als Funktion seiner Umwelt, sie sucht seine „Epharmonie" zu erkennen.

Unter solche ökologischen Gesichtspunkte fallen auch die Tatsachen der Tierverbreitung. Der gewaltige Einfluß, den die bahnbrechenden Untersuchungen von A. R. WALLACE ausübten, hatte die historische Betrachtungsweise in der Tiergeographie fast zur alleinigen Herrschaft gebracht; die Anfänge einer ökologischen Tiergeographie, wie sie besonders von SCHMARDA gegeben waren, fanden kaum eine Fortführung. Und doch bietet gerade die Lehre von der Tierverbreitung so reiche Gelegenheit zu Überlegungen ökologischer Art. Wenn das Tier eine Funktion seiner Umwelt ist, so muß die große Verschiedenheit in der Beschaffenheit der Erdgebiete in unmittelbarer Beziehung stehen zu den Besonderheiten der Tiere, die in ihnen leben können, die sich also in Harmonie mit den jedesmaligen Umweltbedingungen befinden müssen. Damit ergibt sich eine Fülle von neuen Fragestellungen, deren Beantwortung sich teils aus unseren Kenntnissen vom Haushalt der Tiere leicht ergibt, teils aber einen dankbaren Forschungsgegenstand darbietet. Es ergeben sich dabei große gemeinsame Gesichtspunkte, nach denen die Bewohner gleicher Gebiete zu beurteilen sind. Die Einwirkung der Umwelt auf die Lebewesen kann ja in vielen Fällen durch Versuche geprüft werden. Diese Möglichkeit experimenteller Nachprüfung macht die ökologische Tiergeographie zu einer exakten Wissenschaft, wie die Ökologie selbst es ist. So wird es fortgesetzter Untersuchung gelingen, Ordnung in die Fülle der Erscheinungen zu bringen. Schon jetzt ist es möglich, ausgedehnte Tatsachenreihen zu bestimmten Regeln — um nicht zu sagen Gesetzen — zusammenzufassen. Man hat Gemeinsamkeiten der Tierbevölkerung kleiner Inseln aus den Umweltbedingungen abgeleitet, z. B. die geringe Größe inselbewohnender Säugetiere; der amerikanische Biologe D. ST. JORDAN stellte das „Gesetz" auf, daß nächstverwandte Formen nicht das gleiche Gebiet bewohnen, auch nicht weit voneinander entfernte, sondern in der Regel benachbarte Gebiete, die durch irgendeine Schranke getrennt sind. Sein Landsmann C. HART MERRIAM stellte fest, daß die Schichtung der Tierwelt in den Gebirgen auf kurzer Strecke im allgemeinen der Anordnung entspricht, die man bei Annäherung an den Pol in weiteren Ausmaßen beobachtet. Als Beispiel für die ökologische Betrachtung der Tierverbreitung und ihre Erfolge möchte ich hier die sog. BERGMANNsche Regel besprechen.

[1]) Vortrag, gehalten vor der zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien am 1. April 1925.

Die BERGMANNsche Regel stellt die Tatsache fest, daß im allgemeinen eigenwarme Tiere innerhalb derselben Art (bzw. desselben Formenkreises im KLEINSCHMIDTschen Sinne) an Größe zunehmen, wenn wir von wärmeren zu kühleren Gegenden übergehen. Das gilt wohlgemerkt nur für eigenwarme Tiere, also Säugetiere und Vögel, nicht aber für die wechselwarmen, die Amphibien und Reptilien, Insekten und Landschnecken; diese bleiben im Gegenteil in kühleren Gegenden meist kleiner, sowohl innerhalb der Art, als auch was die Höchstmaße innerhalb der Gruppen angeht. Auch ist jene Regel zunächst nur innerhalb der Art gültig, für Individuen mit gleicher erblicher Veranlagung; es können sehr wohl von Arten derselben Gattung oder Familie die größeren gerade in wärmeren, die kleineren in kälteren Gegenden vorkommen, wie Feldhase und Schneehase. Die Größenbeeinflussung in dem angegebenen Sinne gilt nur innerhalb der genotypisch gegebenen Grenzen. Einige Beispiele sollen die Regel erläutern. Die amerikanische Taschenratte (*Geomys bursarius*) zeigt deutlich Größenzunahme von Süden nach Norden (Tab. 1); beim Wildschwein und beim Schneehasen findet dasselbe von Südwesten nach Nordosten statt (Tab. 2 u. 3), mit zunehmend kontinentalem Charakter des Klimas. Dasselbe zeigen unter den Vögeln der Uhu (Tab. 4) und der amerikanische Goldspecht (*Colaptes auratus*) (Tab. 5).

Tabelle 1.

Ganze Körperlänge von Geomys bursarius nach MERRIAM

von Williamsville (Missouri), südl.		
von 40° n. Br.	♂ 256 mm	♀ 223 mm
vom Elk River (Minnesota), zw.		
45° und 46°	284 „	243 „
von Nord-Dakota, nördl. von		
46° n. Br.	296 „	265 „

Tabelle 2.

Schädellängen vom Schneehasen (Lepus timidus) nach BARRETT-HAMILTON.

L. timidus typicus v. Schottland D(14) . .	70 mm
„ „ „ v. Skandinavien D(5) . .	73,2 „
„ „ ainu v. Japan	80 „
„ „ tschuktschorum	87,5 „
„ „ groenlandicus, 82° n. Br. . . .	86 „

Tabelle 3.

Schädellängen vom Wildschwein (Sus scrofa) nach P. MATSCHIE.

Süd-Sardinien:	Sus scrofa meridionalis . .	310 mm
Südspanien:	„ „ baeticus	324 „
Nordspanien:	„ „ castilianus ♂ 353, ♀	321 „
Mitteleuropa:	„ „ scrofa . .	380—410 „
Siebenbürgen:	„ „ attila	452 „
Weißrußland: (Gouv. Minsk)	„ „ falzfeini	465 „
(Ostsibirien:	„ „ Kopflänge. . . .	560 „

nach Th. Noack.)

Tabelle 4.

Flügellängen des Uhu (Bubo bubo)

Bubo bubo ascalaphus aus Nordafrika	345—390 mm
„ „ hispanus „ Spanien . .	440—470 „
„ „ v. Europa nördl. d. Pyrenäen	430—490 „
„ „ sibiricus aus Westsibirien .	450—515 „

Tabelle 5.

Colaptes auratus.

Die Maße bedeuten Flügellängen der ♂ in mm.

28° n. Br.	Florida (C. a. auratus)	147,5
32° „ „	Georgia (C. a. auratus)	150,2
33° „ „	südl. Süd-Carolina (C. a. auratus) .	149,0
35° „ „	nördl. Süd-Carolina (C. a. luteus) .	154,6
35° „ „	nördl. Alabama (C. a. luteus) . . .	158,5
38° „ „	östl. Kansas (C. a. luteus)	155,3
41° „ „	nördl. Indiana (C. a. luteus) . . .	158,8
47° „ „	Ontario (C. a. borealis)	160,0
47° „ „	Minnesota (C. a. borealis)	161,4
60° „ „	Athabasca, Yukon (C. a. borealis) .	163,5
65° „ „	Alasca (C. a. borealis)	163,8

Das gilt zuweilen auch für eng verwandte größere Gruppen mit sehr einheitlicher Lebensweise; wenigstens finde ich es bestätigt für die Pinguine, die vom Südpol bis zum Äquator geradezu der Größe nach aufgestellt sind (Tab. 6).

Die gleiche Veränderung in der Größe erfährt die Art beim Aufsteigen im Gebirge. Waldmaus (*Mus silvaticus*), Feldmaus (*Microtus arvalis*) und Rötelmaus (*Evotomys glareolus*) haben in den Alpen an ihrer Höhengrenze eine bedeutendere Größe als in den Tälern. Der Hase des Rhodopegebirges ist stets deutlich größer als der in der Ebene von Samokov. Die Brutvögel des Baumläufers (*Certhia familiaris costae*) in den Gebirgen Vorarlbergs, der Schweiz und den südfranzösischen Bergketten zeichnen sich vor denen der Ebene durch bedeutendere Größe aus. Ganze Reihen

Tabelle 6.

Geographische Anordnung der Pinguine.

Die Maße bedeuten Körperlänge.

Aptenodytes forsteri	1000—1200 mm, Antarkt. Festland, selten 61° n. Br.
„ patagonica	900—1000 mm, südl. bis 55°.
Pygoscelis papua. . .	750—800 mm, südl. bis 63½°, meist zw. 47°—45°.
„ adeliae . .	700—750 mm, südl. bis 66°, nur im Sommer; wandert.
„ antarctica .	700—750 mm, südl. bis 64½°, nördl. bis 52° s. Br.
Catarrhactes chrysolophus	700 mm, südl. bis 61°, nördl. bis 46° 30′.
„ chrysocome	550—650 mm, südl. bis 55°, nördl. bis 37°.
Spheniscus demersus . .	550 mm, südl. bis 34½°, nördl. bis 17°.
Eudyptyla minor . . .	480 mm, südl. bis 46°, nördl. bis 38°.
Spheniscus mendiculus .	445 mm, unter dem Äquator (Galápagos-In.)

von Vögeln des Felsengebirges übertreffen ihre Artgenossen in den großen Ebenen an Größe. Der Rabe des Himalaja (*Corvus corax tibetanus*), der bis über 4000 m Höhe aufsteigt, ist viel größer als die europäische Form (Flügellänge 497 mm gegen 430—450 mm).

Ein anderes Beispiel für die BERGMANNsche Regel liefert die Säugerwelt der Tropenwälder im Gegensatz zu der des Graslandes, und der Steppe. Im Walde herrscht Tag und Nacht eine sehr gleichmäßige warme Temperatur, mit geringen Schwan-

kungen, während im Grasland die Tage wärmer, die Nächte kühler sind. Dementsprechend unterscheiden sich die Säuger des tropischen Regenwaldes durch geringere Größe von ihren Artgenossen im offenen Lande. Der Tapir (*Tapirus terrestris*) ist in den Urwäldern Guianas wesentlich kleiner als an den Ufern der Savannenflüsse. Der Leopard des afrikanischen Urwalds ist kleiner als der des Graslands. Die Waldform des Kaffernbüffels steht hinter der Freilandform bedeutend an Größe zurück: der Waldbüffel des Ituriwaldes (*Bubalus caffer nanus*) hat eine Schulterhöhe von 1,016—1,067 m, der Kaffernbüffel eine solche von 1,5 m. Ähnlich ist es mit dem afrikanischen Elefanten; während Buschelefanten eine Schulterhöhe von 3,5 m und darüber erreichen, bleibt der Waldelefant des Ituriwaldes stets unter 3 m, der vom Leopold II.-See im Kongogebiet (var. *fransseni*) wird nur 2 m hoch.

In der Mehrzahl unserer Faunenreiche, die ja für Säuger und Vögel zusammenfallen, sind nun, dank ihrer weiten Ausdehnung, die Temperaturverhältnisse in verschiedenen Abschnitten recht ungleich. Viele Arten eigenwarmer Tiere kommen aber in einem großen Teil des Reiches vor und müssen nach der BERGMANNschen Regel in den kühleren Gegenden bedeutendere, in den wärmeren geringere Größe haben. Dann steht zu erwarten, daß sich in den Gebieten mit extremer Temperatur geradezu Zentren für maximale bzw. minimale Tierformen finden, d. h. daß deren Bewohner, soweit sie auf das betreffende Faunenreich beschränkt sind, allgemein die größten bzw. die kleinsten Ausmaße ihrer Art haben müssen. Im paläarktischen Reich liegt das Zentrum für Zwergformen in den Mittelmeerländern Afrikas, insbesondere in Algier (Tab. 7). Das gilt aber nur

Tabelle 7.

Minimalformen aus Nordafrika.

a) *Vögel.* Die Maßangaben bedeuten Flügellänge des ♂.

Turdus merula aus Nordalgier . . . . 119—124 mm gegen 130—132 in Deutschland.
Corvus corax vom Nordrand der Sahara 390—400 „ gegen 430—450 in M.-Europa.
Dryobates major von Algier und Tunis 125—128 „ gegen 131—138 in M.-Europa.
Falco peregrinus aus Nordafrika . . . 273—293 „ gegen 305—325 in M.-Europa.
Bubo bubo aus Nordafrika . . . . . 345—430 „ gegen 430—490 in Europa.
Columba livia aus Ägypten . . . . . 184—210 „ gegen 232 in Europa.
Streptopelia turtur aus Ägypten . . . 158—163 „ gegen 173—182 in Europa.

b) *Säuger.*

Lepus atlanticus, Basallänge des Schädels. . 62 mm gegen 79,5 in England, 71,5 in Spanien.
Canis vulpes atlanticus, Basallänge d. Schädels 112 mm gegen 142 in Deutschland.
Extrem klein sind ferner in Nordafrika: Wildschwein, Edelhirsch, Braunbär (Ursus arctus crowtheri).

für Glieder der paläarktischen Fauna, die ja hier ihren wärmsten Wohnplatz haben, nicht für solche des äthiopischen Gebiets; der Löwe der Berberei (*Felis leo barbarus*) ist größer als der vom Senegal oder von Somaliland, wenn er auch hinter dem Kaplöwen an Größe zurücksteht. Das entsprechende Zentrum maximaler Formen bildet hier Nordost-Asien, die Tschuktschen-Halbinsel. Im nearktischen Faunengebiet kennen wir zwei Zentren minimaler Formen von Vögeln und Säugern: Florida und die Halbinsel Kalifornien (Gebiet des Kap S. Lucas); dort überwiegen die atlantischen, hier die pazifischen Formen mit geringsten Ausmaßen. Für Niederkalifornien (Tab. 8) konnte ich 39 Vogelarten zusammenstellen, die für Nordamerika Mindestmaße zeigen; die aus der südamerikanischen Fauna bis hierher vordringenden Vogelarten sind aber nicht in Minimalformen vertreten. Auch der Hirsch (*Mazama hemionus peninsulae*) vom äußersten Süden der Halbinsel ist viel kleiner als *M. h. californica*. Als Zentrum für maximale Größen steht ihnen Alaska gegenüber; eine große Anzahl Vögel findet hier ihre bedeutendste Größenentwicklung in Nordamerika (Tab. 9) und von Säugern kommen Elch, Grislybär, Vielfraß, Fuchs (*Vulpes harimanni*), das Wiesel (*Putorius cicognani*), von Nagern *Zapus hudsonius* und der Polarhase sowie einige Spitzmäuse hier in Riesenformen vor. Für das äthiopische Faunenreich, Afrika südlich der Sahara, liegt ein Zentrum

Tabelle 8.

Minimalformen von Vogelarten aus südl. Nieder-Californien.

Zahlen bedeuten Flügellänge des ♂ (Durchschnitt).

Amphispiza belli . . .	66,8	gegen	79,3 in Great Basin
Iunco oreganus . . .	70,9	„	79,8 in Britisch-Columbia.
Molothrus ater . . .	100,3	„	110,5 im gemäßigten Nordamerika.
Tachycineta thalassina	141,7	„	146,3 im westlichen Nordamerika.
Corvus corax	405,5	„	423,0 in Britisch-Columbia.
Mimus polyglottos . .	111,3	„	118,3 in Arizona und Sonora.
Myiochanes richardsoni	82,8	„	87,4 im westlichen Nordamerika.
Colaptes chrysoides .	143,9	„	148,2 in Arizona und Sonora.
Chordeiles acutipennis	176,2	„	183,4 in Arizona und Sonora.
Tyto perlata	324,0	„	338,4 in Maryland, Columbia.
Bubo virginianus . .	315,6	„	349,6 in mittleren Verein. Staaten.
Glaucidium gnoma .	87,1	„	93,6 in Californien.

Tabelle 9.

Maximale Vogelformen von Alaska.

Zahlen bedeuten Flügellänge des ♂ (Durschschnitt).

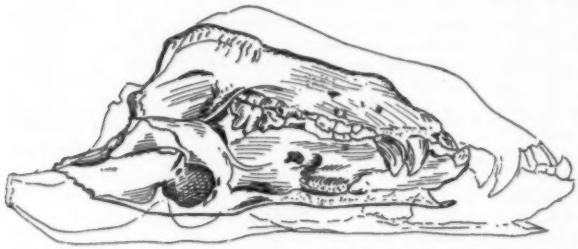
Pinicola enucleator alascensis. . . . 118 mm gegen 114 bei P. e. canadensis.
Montifringilla tephrocostis griseonucha 118 mm gegen 106 bei M. t. tephrocostis, inneres Nordamerika.
Passerculus sandwichensis sandwichensis 77 mm gegen 69 bei P. s. savanna, östl. Nordamerika.
Melospiza cinerea cinerea . . . . . 82 mm gegen 68 bei M. c. morphina, Süd-Alaska bis West-Oregon.

Hirundo erythrocephala . . . . . 121 mm gegen 118 in den westl. Verein. Staaten.
Corvus corax principalis . . . . . 447 mm gegen 437 in Britisch-Columbia.
Otocoris alpestris arcticola . . . . . 112 mm gegen 105 bei O. a. enthymia in Saskatschewan.

Tabelle 10.

Minimalformen von Säugerarten aus Somaliland

Orycteropus afer somalicus < O. a. aethiopicus.
Arvicanthus somalicus kleinste Art der Gruppe.
Procavia brucei somalica, Basallänge des Schädels 74 mm gegen 80 bei P. b. brucei.
Diceros bicornis mindestens um $^1/_3$ kleiner als anderswo.
Potamochoerus larvatus somaliensis obere Schädellänge 300 mm gegen 367 bei P. l. choeropotamus.
Felis pardus nannopardus, Basallänge des Schädels 142 mm gegen 173 und mehr sonst.
Felis leo somaliensis der kleinste afrikanische Löwe.
Lycaon pictus somalicus, Basallänge des Schädels 168 mm gegen 184 bei L. p. hennigi von Deutsch-Ostafrika



Schädel von *Potamochoerus larvatus somaliensis* (stark ausgezogen); darüber gezeichnet Umrisse des Schädels von *P. l. choeropotamus* aus Bussu nördl. vom Victoria Nyanza, im gleichen Maßstab. Schädel nach O. DE BEAUX, Zool. Jahrb. 47 (Syst.), Taf. 5.

für Zwergformen auf dem dürren Kalkplateau des Somalilandes, wo die Temperatur im Monatsmittel auf 35° steigen kann; Graf ZEDLITZ-TRÜTSCHLER führt 40 Vogelarten aus den verschiedensten Gruppen auf, die hier kleiner sind als in den Nachbargebieten; für die Säuger zeigt Tab. 10, wie gewaltig zum Teil diese Unterschiede sind (vgl. Fig. 1). Ob ein Zentrum von maximalen Formen in Südafrika besteht, bedarf noch genauerer Untersuchung; jedenfalls ist der Kaplöwe die größte Form der Art. Im australischen Faunengebiet ist Tasmanien der Sammelpunkt der maximalen Formen. Schnabeltier, Ameisenigel, Riesenkänguruh und Fuchskusu (*Trichosurus vulpecula*) sind hier größer als auf dem benachbarten Festlande; *Corvus coronoïdes* ist in Tasmanien größer als der australische, und *Gymnorhina tibicen* übertrifft die auf dem Festlande vertretende *G. organicum* an Größe. Festzustellen bleibt, ob sich entsprechend ein Zentrum für Zwergwuchs findet, etwa in Nord-Queensland. — Auch Neu-Seeland mit seiner einheitlichen Fauna kann hier herangezogen werden: auf der Nordinsel, deren mittlere Jahrestemperatur um etwa 6° höher ist als die der südlichen, sind die gleichen oder stellvertretende Vogelarten stets größer als auf der Südinsel. — Für das asiatische Faunenreich könnte man an den Abhängen des Himalaja ein Zentrum für Riesenwuchs suchen; im übrigen aber sind die Temperaturunterschiede in diesem fast ganz in die Tropen fallenden Gebiet nicht so groß, daß eine Anhäufung auffälliger Zwergwüchsigkeit an einer Stelle zu erwarten wäre. — Über das neotropische Faunenreich vermag ich noch nichts Bestimmtes auszusagen.

Freilich gibt es auch Ausnahmen von der BERGMANNschen Regel; aber sie sind nicht häufig. In der Hauptsache betreffen sie Höhlenbewohner oder Winterschläfer oder Zugvögel, die sich extremen Temperaturen entziehen können. So nimmt die Größe der Auerhühner in Eurasien nach Nordosten ab; vielleicht hat das seinen Grund darin, daß die Auerhühner Asiens sich nicht wie die unsrigen dem Winterfrost ungeschützt aussetzen, sondern sich nach BREHM, wie die Schneehühner des hohen Nordens, unter dem Schnee Gänge graben und dort vom Laub der Beerensträucher leben, und so zugleich einen wirksamen Schutz gegen stärkere Kälte genießen. Solche Ausnahmen müssen in jedem Falle besonders geprüft werden.

Daß es möglich ist, diesen eigenartigen Größenverhältnissen so genau nachzugehen, ist das Verdienst der Systematiker. Mit großem Scharfblick haben sie die geographischen Unterarten gesondert, ihre Zusammengehörigkeit festgestellt, ihre Kennzeichen in mühevoller, peinlich genauer Kleinarbeit analysiert und so die Grundlage für solche Vergleichungen geschaffen. Denn nur dann, wenn man Angehörige der gleichen Art (des gleichen Formenkreises) zur Vergleichung benutzt, kann man den Faktor der inneren Veranlagung für größere oder geringere Ausmaße ausschalten. Der gleiche Genotypus zeigt sich unter dem Einfluß der verschiedenen Umwelt in verschiedenen phänotypischen Ausprägungen.

Diese Beziehungen der Größenverhältnisse zu den Umweltfaktoren wurden zuerst von CARL BERGMANN 1847 auf Grund physiologischer Überlegungen entdeckt; 30 Jahre später fand J. A. ALLEN, ohne von BERGMANNS Veröffentlichung etwas zu wissen, die gleiche Regelmäßigkeit heraus. Aber erst in neuester Zeit fand sie wieder allgemeinere Beachtung, nachdem H. v. BOETTICHER 1915 erneut darauf hingewiesen und sie mit zahlreichen Beispielen belegt hatte. Seitdem ist die BERGMANNsche Regel von KLATT, STRESEMANN, RENSCH u. a. weiter gestützt und zum Gegenstande von Erörterungen gemacht worden.

Was für eine Bedeutung hat nun die Größenzunahme nach kälteren und die Größenabnahme nach wärmeren Gegenden für die eigenwarmen Tiere? Die Tatsache, daß wir die Erscheinung unter den Lufttieren nur bei Eigenwarmen finden,

ist ein Fingerzeig für die Deutung. Größere Tiere haben eine verhältnismäßig geringere Oberfläche als gleichgebaute kleinere Tiere. Vergleicht man drei Würfel mit 1,2 und 3 cm Seitenlänge, so hat der erste bei 1 ccm Masse eine Oberfläche von 6 qcm, der zweite bei 8 ccm Masse eine Oberfläche von 24 qcm, beim dritten kommen auf 27 ccm Masse 54 qcm Oberfläche. Auf je 1 ccm Masse kommt also beim ersten Würfel 6 qcm, beim zweiten 3 qcm, beim dritten 2 qcm Oberfläche. Ebenso wie bei Würfeln ist es bei anderen, untereinander ähnlichen Körpern, also auch bei verschieden großen ausgewachsenen Tieren der gleichen Art. Die Wärmeabgabe ist aber proportional der Oberfläche; es muß also bei zunehmender Größe für die Masseneinheit weniger Wärme produziert werden, um die Körpertemperatur konstant zu halten. Das hat sich bei RUBNERS Versuchen mit verschieden großen Hunden bestätigt, von denen 2 in der Tab. 11 einander gegenübergestellt sind.

Tabelle 11.

	Gewicht	Oberfläche	Energieverbrauch in 24 Stunden absolut	für 1 kg	für 1 qm Off.
Hund A	19,7 kg	0,810 qm	897 Cal.	45,5 Cal.	1109 Cal.
Hund B	6,6 „	0,397 „	418 „	63,3 „	1053 „
A : *B* =	3 : 1	2,04 : 1	2,1 : 1	3 : 4	1 : 1

Eine Zunahme der Körpergröße bedeutet also im kühlen Klima für homöotherme Tiere eine Ersparnis an Energie. Das ist nur eines der Mittel, um die wärmeabgebende Oberfläche zu verkleinern; andere solche Mittel sind bei Säugern Verkleinerung der Ohren und des Schwanzes, des Halses und der Gliedmaßen. Andererseits erleichtert eine geringere Körpergröße, also eine relative Vergrößerung der Oberfläche im warmen Klima, wo der Unterschied zwischen Eigentemperatur und Temperatur der Umgebung nur gering ist, die Abgabe des durch Bewegung entstehenden Wärmeüberschusses und damit die Wärmeregulierung. So sind Tiere wie Yak und Moschusochs mit ihrer überaus geringen Oberflächenentwicklung im kalten Klima im Vorteil, Tiere mit großer Oberfläche wie Giraffe oder Gazelle im heißen Klima. So trifft man denn auch bei der gleichen Tierart in verschiedenen Klimaten außer Normierung der Körpergröße noch andere Regulierungen der Körperoberfläche. Reh und Wildschwein haben in Sibirien trotz ihrer bedeutenderen Körpergröße Ohren und Schwanz absolut kleiner als ihre Artgenossen in Deutschland. Der kleine Somalilöwe ist durch große Ohren und langen Schwanz ausgezeichnet. Für den massigen Elefanten sind die gewaltigen Ohren ein Mittel zur Temperaturregulierung; das Tier fächelt mit ihnen beständig, um so schneller, je lebhafter es sich bewegt. Die relative Ohrlänge des Hasen nimmt im wärmeren Klima zu; sie beträgt bei der mitteleuropäischen Form 20—21% der Körperlänge, bei der spanischen (*lilfordi*) 25%, bei der marokkanischen (*atlanticus*) 29,5% und bei der Varietät *tunetae* von den Kerkennah-Inseln bei Tunis sogar 34%.

Danach wäre also die Vergrößerung der Tiere in kalten Gegenden ebenso wie ihre Verkleinerung in warmen Gegenden eine Anpassung, d. h. eine Einrichtung, die das Gedeihen des Tieres fördert. Für sich allein mag ihre Bedeutung nicht groß sein, namentlich bei Vögeln, bei denen ohnedies die Oberflächenentwicklung geringer ist als bei Säugern. Auch kommt ja für junge Tiere der Vorteil, den bedeutendere Körpergröße bietet, noch nicht in Betracht. Aber die Oberflächenentwicklung wird in ihrer Beziehung zur Wärmeregulierung ergänzt durch Dichte von Haar- und Federkleid und nicht zum mindesten durch Steigerung des Stoffwechsels in kühleren Gegenden, wie sie sich in der Zunahme der Herzgröße spiegelt.

ALLEN freilich nahm an, daß die Tiere dort ihre bedeutendste Größe erreichen, wo sie ihre eigentliche Heimat haben, daß sie aber nach den Grenzen ihres Verbreiterungsgebietes an Größe abnehmen; so erklärt er z. B. die Größenabnahme des Waschbären nach Norden. Aber die Größenzunahme nach kühleren Gegenden zeigt sich bei zahlreichen Arten aus Tiergruppen, die sicher in den Tropen ihren Verbreitungsmittelpunkt haben, so bei Tyrannen, von denen z. B. die Art *Tyrannus melancholicus* in Texas, ihrem nördlichsten Vorkommen, am größten ist, oder bei dem Eisvogel *Chloroceryle americana* (Tab. 12). Auch unser Eisvogel und Pirol, Vorposten tropischer Gruppen, sind bei uns größer als ihre Artgenossen in wärmeren Gegenden.

Tabelle 12.

Flügellängen von Chloroceryle americana (Durchschnitt).

83,3 mm	in Texas	etwa 28°	n. Br.
84,2 „	in Nuevo Leon und Taumalipas	24°	„ „
81,2 „	in Oaxaca	17°	„ „
80,3 „	in Honduras	15°	„ „
81,7 „	in Panama	9°	„ „
79,0 „	im westl Colombia	8°	„ „
76,9 „	in Venezuela	8°	„ „
75,2 „	in Britisch Guiana	6°	„ „
76,0 „	in Unter-Amazonas	0°	
78,9 „	im südöstl. Brasilien	24°	s. „
80,5 „	in Paraguay	24°	„ „
80,0 „	in Uruguay	30°	„ „

Wie aber steht es mit einer *Erklärung* für diese Erscheinung der Größenzunahme homöothermer Tiere nach den Gebieten niederer Temperatur? Wenn wir sie als „Anpassung" bezeichnen, so erklären wir sie damit nicht; die teleologische Fassung bedeutet nur eine Problemstellung, aber keine Erklärung. „Anpassung" bezeichnet nur einen Zustand und dessen Bedeutung für das Tier, nicht schlechthin ein Geschehen. Eine Anpassung kann auf verschiedenem Wege zustande kommen. Zufällig kann eine Abänderung zu einer Anpassung führen, mag sie nun durch mutatives Variieren des Keimplasmas zustande kommen und deshalb erblich sein, oder als Einwirkung der Umwelt nur für die betroffenen Individuen wirksam sein. Die förderliche Bedeutung für das Tier ist hier nur eine zufällige Beigabe; die Anpassung kann als „koinzidierende" bezeichnet werden. So wird die matte

Färbung der Wüstentiere durch den unmittelbaren Einfluß der trockenen Hitze hervorgerufen, bei Tag- wie bei Nachttieren, bei Reptilien, Vögeln und Säugern; für taglebende Formen, wie Vögel und Eidechsen, bedeutet diese matte Färbung eine Schutzfarbe, sie ist also nebenbei eine Anpassung, eine koinzidierende Anpassung, während sie für die Nachttiere, wie Hornviper, Springmaus oder Wüstenfuchs, keinerlei Vorteil zu bieten scheint und nicht als Anpassung angesehen werden kann. Anders freilich sind die Anpassungen, die auf funktioneller Selbstgestaltung beruhen, wie das Stärkerwerden eines Muskels durch Arbeit; das erscheint als Selbstanpassung, geradezu als ein „Sichanpassen". Die Erklärungen, die für die Entstehung solcher funktioneller Anpassungen vorliegen, sind noch sehr umstritten.

Für die Entstehung der Größenzunahme bei erniedrigter Temperatur bzw. der Verkleinerung bei erhöhter Temperatur liegen nun eine Anzahl von Beobachtungen vor, die zu einer Erklärung führen könnten. Viele Arten wirbelloser Tiere des Meeres erreichen im kalten Wasser eine bedeutendere Größe als im warmen Wasser, oder, wenn sie in mehreren Generationen jährlich am gleichen Orte auftreten, im Winter eine bedeutendere Größe als im Sommer. Das hängt wahrscheinlich damit zusammen, daß durch die niedere Temperatur der Eintritt der Geschlechtsreife verzögert und somit dem Wachstum später eine Grenze gesetzt wird. Bei Wimperinfusorien folgen sich in niederen Temperaturen die Teilungen langsamer, aber die Individuen erreichen eine bedeutendere Größe. So kann auch in unserem Falle die Verzögerung der geschlechtlichen Reife eine längere Dauer des Wachstums bewirken und die Verlangsamung der Teilungsfolgen eine bedeutendere Größe der Zellen und damit Steigerung der Gesamtgröße zur Folge haben, beides in engster Zusammenwirkung. Natürlich wird es sich bei eigenwarmen Tieren nur um postembryonales Wachstum handeln können, da sie ja während der Bebrütungszeit bzw. während des intrauterinen Lebens den Umwelteinflüssen entzogen sind. So hat denn B. Rensch (1924) nachweisen können, daß bei verschiedenen Rassen des Gimpels die flachen verhornten Zellen an den Federstrahlen (Radien) verschieden groß sind, bei der größeren Rasse größer als bei der kleineren, und das Größenverhältnis dieser Zellen ist etwa das gleiche wie das der Flügellängen der beiden Rassen, 108 : 100. — Eine Bestätigung finden diese Überlegungen durch die Versuche von F. B. Sumner; er züchtete weiße Mäuse in erhöhter Temperatur und erhielt dadurch eine wesentliche Minderung ihrer Körpergröße. Dies Ergebnis wurde mehrfach bestätigt. Das weist darauf hin, daß wir es bei der Regulierung der Körpergröße durch die Umwelttemperatur mit einer direkten Bewirkung zu tun haben. Freilich bei Amphibien und Reptilien ist die Wirkung kälteren Klimas eine andere; sie bilden in der Kälte offenbare Kümmerformen, wahrscheinlich deshalb, weil die Zeit, während deren sie der Nahrung nachgehen können, durch die niedere Temperatur stark eingeschränkt und dadurch ihrem Wachstum eine Grenze gesetzt wird. Daß solche Wärmemäuse neben geringerer Größe auch längere Ohren und einen längeren Schwanz haben, bedarf allerdings einer besonderen Erklärung. Jedenfalls sind noch mancherlei Untersuchungen, vor allem experimenteller Art, hier notwendig.

Soweit aber die Größenverhältnisse durch direkte Bewirkung von seiten der umgebenden Temperatur geregelt werden, muß die hier vorliegende Anpassung als „koinzidierende" Anpassung angesprochen werden.

So greifen in die Betrachtung der geographischen Rassen mancherlei allgemeinökologische Erwägungen hinein. Die ökologische Wissenschaft wird durch die Verbindung mit der Tiergeographie manche Förderung ihrer Probleme erfahren, wie umgekehrt die Tiergeographie durch ökologische Betrachtungsweise vertieft und befruchtet wird.

Besprechungen.

ATWOOD, W. C., und A. A. JOHNSON, **Marine Structures, their Deterioration and Preservation.** Washington: National Research Council 1924. 534 S. 15 × 23 cm.

Das Buch beschäftigt sich mit Beschädigungen, denen Holz- und Steinbauten durch die im Meerwasser vorhandenen kleineren Lebewesen ausgesetzt sind. Es verdankt sein Entstehen dem Vordringen tierischer Schädlinge in das Innere der Bucht von San Francisco, das bis 1914 davon verschont geblieben war. Da ähnliche Vorkommnisse auch von anderen Stellen der amerikanischen Küste, beispielsweise auch aus dem Hafen von New York gemeldet wurden, nahm sich das angesehene „National Research Council" der Sache an und brachte eine Untersuchungskommission zusammen, die sich aus hervorragenden amerikanischen Ingenieuren, Chemikern und Biologen zusammensetzte und die mit dem Aufsuchen wirksamer Abwehrmittel beauftragt wurde. Der Ausschuß beschäftigte sich, da das vorhandene Material recht lückenhaft war, zunächst mit der Biologie der Schädlinge und mit der Art ihres Angriffes. Über 300 Versuchstafeln wurden über die ganze Küste verteilt, alle am Hafenbau beteiligten Kreise wurden eingehend befragt und brachten reiches Beobachtungsmaterial bei. In sehr eingehender, durch viele vorzügliche Lichtbilder erläuterter Weise werden wir im ersten Teil des Buches mit den Ergebnissen dieser biologischen Forschung bekannt gemacht. Alle gefundenen Schädlingsarten sind in ihren charakteristischen Formen dargestellt, das Leben und die Entwicklung der einzelnen Gattungen werden ebenso wie der große Umfang der intensiven Zerstörungen sorgsamst geprüft. Die Naturwissenschaft findet dabei reiche Belehrung auf einem bisher anscheinend noch nicht genügend beackerten Gebiet. Nach diesen wissenschaftlichen Erörterungen kommt im zweiten Teile des Buches der am Seewasser bauende Ingenieur zu Worte. Für ihn zerfällt das vorliegende

Problem in zwei Sonderfragen: 1. Wie kann ich Neukonstruktionen von vornherein gegen die Angriffe tierischer Schädlinge schützen? 2. Wie bewahre ich meine vorhandenen Holzkonstruktionen beim Vordringen der Schädlinge in bisher nicht verseuchtes Gebiet? Die erste Frage ist verhältnismäßig leicht zu beantworten und findet in der Veröffentlichung auch sehr eingehende Beachtung. Auswahl besonderer Holzarten, Imprägnieren mit giftigen Stoffen, Umhüllen mit Beton, Blei, Kupfer oder Gußeisen, das alles sind Mittel, die der praktische Hafenbau schon seit langer Zeit mit Erfolg anwendet. Der Ausschuß kann ihre je nach den örtlichen Verhältnissen mehr oder minder große Wirksamkeit nur bestätigen; nicht zu lösen vermag er dagegen die zweite Frage, und doch ist gerade ihre Lösung bei dem weit vorgeschrittenen Ausbau vieler bisher schädlingsfreien Häfen besonders wichtig. Selbst die elektrolytische Zerlegung des Seewassers in der Nähe der Pfahlwerke, bei der sich giftige Chlorverbindungen bilden, hat nur sehr geringen Erfolg. Hier bietet sich für den Chemiker wie für den Biologen noch ein weites Arbeitsfeld und hier liegt auch die Bedeutung des aufgerollten Problems für unsere deutschen Verhältnisse. Während überall an der Nordseeküste die tierischen Feinde des Holzes eifrig bei der Arbeit sind und kostspielige Abwehrmaßnahmen erforderlich machen, sind die weiter stromaufwärts gelegenen Welthäfen von Hamburg und Bremen bisher von solchen Angriffen verschont geblieben. Es kann aber nicht gesagt werden, ob das immer so sein wird. Auch sehr geringer Salzgehalt des Wassers sichert, wie die Beispiele von San Francisco und New York zeigen, nicht gegen das Einschleppen der Schädlinge. Bedenkt man dabei, daß die Hafenbauten, Kaimauern, Schuppen, Brücken usw. in Hamburg wie in Bremen fast durchweg auf hölzernen Pfählen ruhen, so kann man sich die katastrophale Wirkung des plötzlichen Auftretens von Holzverwüstern nicht beängstigend genug vorstellen. Hat die Wissenschaft dann Mittel zur wirksamen Bekämpfung bereit, so flicht sie einen neuen Lorbeer in den Kranz ihrer Erfolge. Hier muß und kann deutsche Wissenschaft anknüpfen an die amerikanischen Beobachtungen, die Berufenen mögen sich diese Gelegenheit zu einer kulturellen Tat nicht entgehen lassen.

HETZELL, Hamburg.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Dielektrische Versuche über den Molekularzustand gelöster Stoffe, insbesondere von Säuren.

Bei der seit einiger Zeit im Gang befindlichen Diskussion[1]) über den *Molekularzustand der undissoziierten Säuren* handelt es sich besonders um die Frage, welche experimentellen Methoden geeignet sind, die Salzstruktur von Stoffen sicher zu stellen. Für den *festen* Zustand kann die Röntgenanalyse recht deutliche Auskünfte geben wegen der Analogie des Baues von Oxonium- und Ammoniumsalzen[2]). Aus optischen Beobachtungen sowohl im nahen als im fernen (Reststrahlen) Ultrarot, sowie aus der Messung der Molekularpolarisation der festen Stoffe[3]) müssen sich ebenfalls Anhaltspunkte ergeben, ob eine feste Verbindung Oxoniumsalzcharakter hat. Die bisher ohne besonderen Nachweis des Salzcharakters erfolgte Benennung von festen sauerstoffhaltigen Verbindungen als Oxoniumsalze sollte in diesem Sinne auch physikalisch begründet werden.

Beim Nachweis der Oxoniumsalzbildung in *Lösungen* erfordern viele Methoden besondere Voraussetzungen über die Eigenschaften der Salz- bzw. Pseudoform der Säuren, deren Berechtigung nicht immer unabhängig und überzeugend sichergestellt werden kann. Fragt man nach der allgemeinsten Eigenschaft der Salze, so gilt der Satz HITTORFS: Salze sind Elektrolyte ziemlich allgemein in allen Lösungsmitteln, wenn auch die Größe der Leitfähigkeit mit fallender D.-K. des Lösungsmittels bis zu recht kleinen Werten abnimmt und ganz besonders die molekulare Leitfähigkeit einer Lösung auch nicht mehr annähernd ein direktes Maß für die Menge des in Salzform vorhandenen Stoffes ist. Immerhin wird die Größenordnung der Leitfähigkeit von Lösungen, in denen man aus anderen Gründen das Vorhandensein von Oxoniumsalzen annimmt, durch den Vergleich mit den aus WALDENS klassischen Arbeiten bekannten Leitfähigkeiten von Ammoniumsalzen einen gewissen Anhaltspunkt für die Zweckmäßigkeit der Annahme liefern können.

Eine andere — experimentell ebenfalls von WALDEN entdeckte Erscheinung[1]) ist, soweit bis jetzt bekannt, ebenfalls für typische Salze[2]) allgemein kennzeichnend und zwar tritt diese Erscheinung zwangsläufig gerade da auf, wo die Leitfähigkeit von Salzlösungen gering wird, nämlich in Lösungsmitteln kleiner D.-K. Es handelt sich um eine *sehr starke Erhöhung der D.-K. von Salzlösungen* gegenüber derjenigen des reinen Lösungsmittels. Über die Analyse der dielektrischen Polarisation von Mischungen wird an anderer Stelle das heute Erkennbare zu sagen sein. Qualitativ kann man die Erscheinung aus dem elektrostatisch zu erwartenden Verhalten (nicht allzu stark) deformierbarer Ionen verstehen. Unter geeigneten Bedingungen wird sich ein beträchtlicher Teil der Ionen in einer Lösung paarweise in großer Nähe befinden müssen. Eine solche Konfiguration enthält also — grob gesprochen — ziemlich stark gekoppelte Ionenpaare und damit Dipolsysteme von großem Moment. Um die sehr großen Effekte, die tatsächlich beobachtet wurden, einigermaßen zu verstehen, sei an folgendes erinnert: das Moment μ_{HCl} des *Gases* HCl[3]) beträgt höchstens $1 \cdot 10^{-18}$. Setzt man die kleinste Entfernung, bis zu der sich die Ladungsmittelpunkte von zwei Ionen einander nähern können, zu 3.10^{-8} cm an, so bekommt man ein Moment des Ionenpaares von der Größe

$$\mu_{Salz} = 3 \cdot 10^{-8} \cdot 4{,}78 \cdot 10^{-10} \backsim 15 \cdot 10^{-18},$$

$$\text{d. h. } \frac{\mu_{Salz}}{\mu_{HCl}} \backsim 15 .$$

Was man beobachtet, ist die *Molekularpolarisation*

[1]) Vgl. die Arbeiten von A. HANTZSCH und H. VON HALBAN in der Zeitschr. f. Elektrochem. seit 1923.

[2]) M. VOLMER, Ann. d. Chemie **440**, 200. 1924.

[3]) L. EBERT, Zeitschr. f. physikal. Chemie **113**, 8. 1924.

[1]) P. WALDEN, Bull. d. l'acad. imp. d. Sc. St. Petersburg **305**, 1055. 1912; Englischer Auszug: Journ. of the Americ. chem. soc. **35**, 1649. 1913.

[2]) Über die sog. schwachen Salze siehe den Schluß der Notiz.

[3]) CH. TH. ZAHN, Phys. Rev. **24**, 400. 1924 u. L. EBERT, Zeitschr. f. phys. Chem. **114**, 430. 1925.

des gelösten Stoffes. Für HCl-*Gas*moleküle beträgt die Orientierungspolarisation P_0 etwa $\frac{1}{22}$. Nach der Theorie von DEBYE, die in sehr verdünnten Lösungen anwendbar ist, gilt:

$$\frac{P_{g(Salz)}}{P_{g(HCl)}} = \frac{\mu^2_{(Salz)}}{\mu^2_{(HCl)}} \backsim 15^2 = 225 .$$

Wenn also ein Oxoniumsalz zu 100% in der idealen Dipolkonfiguration vorliegen würde, könnte ein

$$P_{g(Salz)} \backsim 225 \cdot 22 \backsim 5000$$

entstehen. Allerdings wird man nie erwarten können, daß ein Salz so vollkommen paarweise assoziiert ist, aber man wird es zweifellos mit beträchtlichen Bruchteilen zu tun haben können. Damit stimmt, daß man sowohl aus WALDENS älteren Messungen (l. c.), als auch aus kürzlich von WALDEN, ULICH und WERNER[1]) gewonnenen genaueren Werten der D.-K. von Salzlösungen in Chloroform *Mindest*werte der Mol.-Pol. der gelösten Salze erhält, die in der Gegend von 2000 liegen.

Als erstes Beispiel einer Oxoniumsalzbildung in Lösung wurden Lösungen von HCl und C_2H_5OH in Benzol gemessen, da aus dem Verhalten von HCl in reinem Alkohol die Tendenz zur Bildung des Salzes $[C_2H_5OH_2^+]Cl^-$ bekannt ist. Die Messungen der D.-K. wurden mit einer Resonanzapparatur (Wellenlänge 5 m) vorgenommen, deren Genauigkeit für die relativen Messungen, wie sie hier nötig waren, durchaus befriedigend war. Trockenes reines HCl in Benzol zeigte folgende Werte ($t = 20°$):

C_{HCl}	0	0,11	0,365
ε	2,28	2,302	2,350
P_{HCl}	—	31 ± 5	$31,5 \pm 2$

Hieraus geht wohl eindeutig hervor, da nach ZAHN für das *Gas*molekül $P_{HCl} = 30,6$, daß sich HCl in Benzol *ohne chemische Veränderung* auflöst. In welcher Weise die Beobachtung der Mol.-Pol. allgemein zur Beurteilung von chemischen Vorgängen beim Lösungsvorgang nutzbar gemacht werden kann, wird ebenfalls an anderer Stelle erörtert werden, wo auch hierzu vorliegende bzw. selbst vorgenommene Messungen entsprechend wiedergegeben und diskutiert werden sollen. Auch Alkohol allein zeigt keinen auffallenden Effekt, wie schon aus DEBYES Analyse[2]) der Messungen von PHILIP bekannt ist.

Mischungen dagegen, die *gleichzeitig HCl und Alkohol* enthalten, ergeben deutliche Überschüsse gegenüber den Effekten der reinen Stoffe. Als Beispiel diene eine Messungsreihe mit konstanter Konzentration des Alkohols (0,05 m):

C_{HCl}	0	0,0113	0,044	0,185	0,305
ε	2,296	2,327	2,336	2,386	2,407
P_{HCl}	—	440	204	76	56
$P_{C_2H_5OH}$ . . .	(ca. 60)	156	230	340	400

Hier sind die P *Mindest*werte der Mol.-Pol. der gelösten Stoffe. Sie nehmen in der Richtung zu, wie sich nach dem M.-W.-Gesetz der Bruchteil des in Salzform vorhandenen Stoffes vermehrt. Ein zweites Beispiel: in reinem Benzol würde 0,095 m HCl die D.-K. um etwa 0,6% erhöhen, in einer Lösung mit 2,0 m Alkohol bringt dieselbe Menge HCl eine Erhöhung der D.-K. um 16% hervor, P_{HCl} beträgt etwa 650. Außerdem werden bei Steigerung der HCl-Konzentration diese alkoholreichen Lösungen *merklich leitend*, bis bei einer Konzentration von 0,125 m HCl eine spez. Leitfähigkeit von etwa $0,3 \cdot 10^{-5}$ erreicht wurde. Auf die HCl-Menge umgerechnet, bedeutet das eine Molekularleitfähigkeit von der Größe 0,025, also derselben Größenordnung, wie sie für typische Salze in Äther bekannt ist [die D.-K. der letzten Mischung ist 3,92][1]), wenn man daran denkt, daß vom gesamten HCl nur ein Teil in Salzform vorhanden ist.

Diese Versuche sind auch auf andere Kombinationen ausgedehnt worden und ergaben u. a., daß HCl mit Äther ein Solvat ohne Salzcharakter bildet; HBr verhält sich ziemlich ähnlich gegen Äther, doch könnte eine gewisse Menge Salz vorhanden sein, was noch in neuen Messungen abgegrenzt werden soll. Daß hier jedoch das Gleichgewicht der Salzspaltung bzw.-Bildung

$$HBr + (C_2H_5)_2O = [(C_2H_5)_2OH]^+ Br^-$$

stark auf der rechten Seite liegt, wie nach HANTZSCH[2]) zu erwarten wäre, muß nach den bisher vorliegenden Versuchen als nicht sehr wahrscheinlich bezeichnet werden.

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß sich nicht alle gewöhnlich als Salze bezeichneten Stoffe gleich verhalten, so daß man gelegentlich einen Unterschied zwischen starken und schwachen Salzen gemacht hat. Ein geringer Effekt auf dieD.-K. kann von zweierlei Ursachen herrühren. *Erstens* kann die gelöste Verbindung ein *geringes Dipolmoment* haben, wie es z. B. bei $HgCl_2$ der Fall ist. Solche — typischen organischen Verbindungen mehr ähnliche — Stoffe sollten wohl besser, in Einklang mit HITTORF, überhaupt nicht als Salze bezeichnet werden. *Zweitens* können Salze in Lösung teilweise zerfallen, so daß nur ein Teil des in Lösung gebrachten Stoffes in echter Salzform vorhanden ist, der aber auch die typischen Eigenschaften der Salze (hier z. B. das große Dipolmoment) durchaus besitzt. Durch Variation der Konzentrationen der Salzspaltungsprodukte kann man, wie oben gezeigt, erkennen, ob sich die Mol.-Pol. qualitativ in dem Sinne ändert, wie es das M.-W.-Gesetz fordert und somit auch dielektrisch qualitative Schlüsse auf die ebenfalls von WALDEN so eingehend studierten Zerfallsvorgänge von Salzen[3]) ziehen.

Kopenhagen, den 29. Juni 1925.

L. EBERT.

Die Umwandlung von Quecksilber in Gold.

Die Untersuchung, die ich über Gold- und Quecksilberlinien in Japan. journ. of phys. **2** und Nature, 29. März 1924, habe drucken lassen, ist für mich Anlaß gewesen, die Umwandlung von Quecksilber in Gold, die nach dem Ergebnis der erwähnten spektralanalytischen Arbeit aussichtsvoll erschien, zum Gegenstand von Versuchen zu machen. Ich habe die Entladungen eines Induktoriums größter Form (maximale Funkenlänge 120 cm) mit einer parallel geschalteten

[1]) Vortrag von H. ULICH auf der Bunsenversammlung 1925.

[2]) P. DEBYE, Handb. d. Radiologie **6**, 630. 1924.

[1]) Leitfähigkeit typischer Salze in Äther siehe N. W. KONDAYEW und D. P. MANOYEW, Ber. **58**, 464. 1925. Nicht unerwähnt bleibe, daß das Lösungsvolumen von *Mischungen* $HCl + C_2H_5OH$ in Benzol eine deutliche *Kontraktion* zeigt im Einklang mit der sehr starken Kontraktion bei der Bildung des Salzes $[C_2H_5OH_2]Cl$ in reinem Alkohol.

[2]) A. HANTZSCH, Ber. **58**, 621. 1925.

[3]) Siehe hierüber besonders: P. WALDEN, Elektrochemie nichtwässeriger Lösungen S. 416ff. 1924.

Kapazität im Innern eines dickwandigen Porzellangefäßes zwischen einer torfreien Wolframspitze und einer Quecksilbermasse übergehen lassen, die mit Paraffin- oder Transformatoröl bedeckt war. Vor dem Experiment wurde das Quecksilber chemisch gereinigt und dann mindestens zweimal im Vakuum bei einer Temperatur unterhalb 200° destilliert. Das Quecksilber vermengt sich unter der Wirkung der Entbisweilen an der Glaswand festhängen. Der Königswasserauszug enthielt bemerkenswerte Mengen Gold, die mit metallischem Quecksilber leicht als Amalgam fällbar waren und nach Abtreiben des Quecksilbers in Substanz zurückblieben. Blindversuche gaben kein Gold.

Noch leichter konnte das Gold nachgewiesen werden, indem nach dem Verbrennen der Kohle der gläserne Destillierkolben in kleine Teilchen zerbrochen und diese Trümmer wiederholt im Tiegel bis zur Rotglut erhitzt wurden. Das Glas zeigt danach rote Flecke, die von kolloidalem Golde herrühren. Das so erhaltene Rubinglas ähnelt dem pleochroitischen Hof; das Zentrum enthält Goldteilchen, die, mit normal reflektiertem Licht beobachtet, den gewöhnlichen Glanz zeigen. Vom Zentrum aus zeigt sich Farbenwechsel — blau, grün, gelb und zuletzt rosa —; die letzte Farbe ist auffallend. Mit durchgehendem Licht beobachtet, sind die Farben meistenteils komplementär. Fig. 1 zeigt einen solchen Hof bei durchgehendem Licht (Vergrößerung 150); der abschattierte äußere Ring ist rosa; Fig. 2 zeigt die Verteilung der Goldteilchen im mittleren Fleck nahe der Grenze, wie sie mit reflektiertem Licht zu beobachten sind (Vergrößerung 2500). Bisweilen erhält man eine äußerst dünne Goldschicht auf dem Rubinglas. Bei mikroskopischer Untersuchung findet man, daß sie aus winzig kleinen Goldteilchen besteht, die sehr dicht nebeneinander gelagert sind.

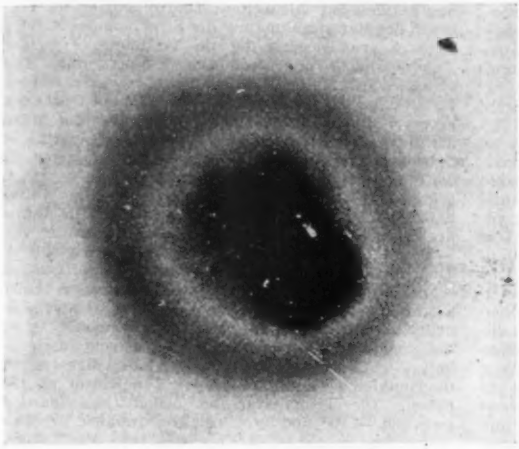


Fig. 1.

Spektroskopische Untersuchung wird unternommen, sobald wir das genügende Material

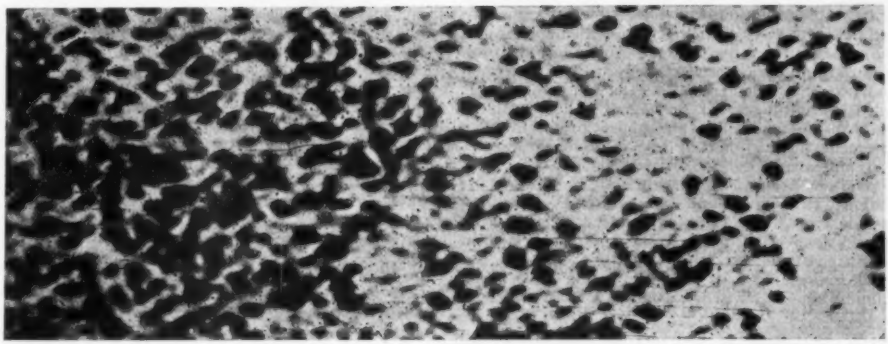


Fig. 2.

ladungen mit dem teilweise verkohlenden Öl zu einer Schmiere, die nach zwei oder mehr Stunden Goldreaktionen gibt. Ich habe diese schmierige Masse zwecks Nachweis des Goldes im Vakuum durch Erhitzen von flüchtigen Bestandteilen befreit und dann auf den Rückstand Sauerstoff in der Hitze einwirken lassen, bis die kohligen Anteile verbrannt waren. Darauf habe ich den Rückstand, der jetzt hell aussah, mit heißer Salzsäure extrahiert, diese mit Wasser entfernt und die ungelösten Anteile mit Königswasser behandelt. Alle diese Operationen wurden in demselben Destillierkolben ausgeführt, da die Goldteilchen sich ansammeln können. Ob andere Metalle katalytisch beim Zerfall einwirken, wurde auch geprüft. Aber das Resultat ist nicht entscheidend, da die quantitative Bestimmung noch nicht sicher ist.

Die Einrichtung, die ich mit Herrn Y. Sugiura bei einer Untersuchung über den Starkeffekt in Bögen von verschiedenen Metallen (Japan. journ. of phys. 3) gebraucht habe, wurde auch hier benutzt, um ein äußerst starkes Feld ganz nahe den Elektroden zu erhalten, da der Zerfall des Quecksilberatoms nur im Felde von mehreren Millionen Volt/cm erfolgen kann.

Ich habe meine ersten Beobachtungen hier in Tokyo

am 20. September 1924 öffentlich vorgetragen, und nehme Anlaß, sie an dieser Stelle kurz zu schildern, da die Mietheschen Versuche ebenfalls in Ihrer Zeitschrift zur Mitteilung gelangt sind. Die nähere Beschreibung und die Deutung der Ergebnisse mit Hilfe meiner in der eingangs zitierten Arbeit mitgeteilten Theorie über die Konstitution der Atomkerne von Elementen mit Atomnummern über 79, werden in Japan. journ. of phys. zum Abdruck kommen.

Tokyo, im Juni 1925. H. Nagaoka.

Astronomische Mitteilungen.

Temperatur der Marsoberfläche. Die günstige Gelegenheit der Marsopposition 1924 ist auch dazu benutzt worden, durch direkte Messungen unsere Ansichten über die Temperatur der Marsoberfläche zu klären. Da es sich hauptsächlich um die Messung von Strahlung großer Wellenlänge handelt, kommen nur Spiegelteleskope für diese Beobachtungen in Betracht. W. W. Coblentz[1]) stand der Reflektor des Lowell-Observatoriums (Öffnung 40 Zoll) zur Verfügung, Pettit und Nicholson[2]) benutzten den großen Mount Wilson-Spiegel (Öffnung 100 Zoll). In beiden Fällen diente als Meßinstrument ein Vakuum-Thermoelement mit Steinsalzfenster in der Brennebene des Spiegels. Die Strahlung aufnehmende Fläche wurde so klein gewählt, daß sie nur einen Teil des Planetenbildes deckte. Die Lötstellen des Thermoelements strahlen fortgesetzt Energie in den leeren Weltraum. Sobald auf eine der Lötstellen irgendwelche Strahlung auffällt (z. B. die Strahlung eines Planeten), muß daher ein positiver Thermoeffekt merkbar werden. Nach Coblentz lassen sich jedoch Temperaturen unter etwa — 70° C nicht messen, weil bei dieser Temperatur der Planetenfläche die auf die Lötstelle fallende Strahlung nur noch 5% der Ausstrahlung beträgt und damit die Grenze der Meßgenauigkeit erreicht ist. Die von dem Planeten kommende Strahlung setzt sich aus der Temperaturstrahlung der Planetenoberfläche und reflektierter Sonnenstrahlung zusammen. Die reflektierte Sonnenstrahlung umfaßt Wellenlängen, die kleiner sind als 1,4 μ, während für die Eigenstrahlung nur das von der Erdatmosphäre durchgelassene Gebiet zwischen 8 und 15 μ in Betracht kommt. Die Trennung erfolgt durch Einschaltung von 1 cm Wasser in den Strahlengang. Aus diesen beiden Messungen (mit und ohne Wasserzelle) läßt sich mittels des Stefanschen Gesetzes die Temperatur der Planetenoberfläche berechnen. Eine weitere Bestimmung erhält man, wenn man die Strahlung zwischen 8 und 15 μ durch Verwendung eines Glas- und eines Flußspat-Schirmes in zwei Teile teilt und das Verhältnis dieser beiden Teile ermittelt. Hinderlich ist hierbei jedoch, daß der Verlauf der Durchlässigkeit der Luft, die ja in jedem Falle in die Rechnung eingeht, zwischen 8 und 15 μ nicht genau genug bekannt ist. Als weitere Kontrolle dient der Vergleich der Marsstrahlung mit der Strahlung des Mondes unter Zugrundelegung der für bestimmte Teile der Mondoberfläche angenommenen Temperaturen. Die verschiedenen Methoden führen zu übereinstimmenden Resultaten. Als wichtigste Ergebnisse hebt Coblentz hervor: Die durchschnittliche Temperatur der Mitte der Marsscheibe betrug + 14° C. Die Temperatur des Ostrandes (Sonnenaufgang) war immer niedriger als die des Westrandes (Sonnenuntergang), z. B. — 45° C gegen 0° C. Die Gegend des Nordpols (die Winter hatte) blieb unverändert bei etwa — 70° C. Die Kappe des Südpols zeigte lange Zeit eine Temperatur von — 60° C, während ihr Abschmelzen anzeigte, daß Temperaturen von 0° erreicht sein mußten. Coblentz schließt daraus auf das zeitweise Auftreten einer absorbierenden Schicht aus Wasserdampf oder Eisnadeln in der Marsatmosphäre. Im September stieg die gemessene Temperatur des Südpols sehr rasch bis auf + 6° C. In der Äquatorgegend des Mars zeigen die dunklen Gebiete eine höhere Temperatur als die hellen. Die Temperatur der hellen Gegenden lag zwischen — 10° und + 5°, die der dunklen zwischen + 10° und + 20°. Die Ergebnisse von Pettit und Nicholson stimmen mit denen von Coblentz gut überein. Sie geben für die Mitte + 7°, für den Rand — 13°, für die Polkappe — 68°. Einen Unterschied zwischen Ost- und Westrand haben sie nicht gefunden. Beim Vergleich der beiden Messungsreihen ist aber zu berücksichtigen, daß der Coblentzsche Empfänger ein kleineres Gebiet der Marsoberfläche ausschnitt als der von Pettit und Nicholson.

Während diese Messungen wegen der Ähnlichkeit der Ergebnisse mit denen für den Mond auf eine fast unmerkliche Atmosphäre schließen lassen, scheinen die Aufnahmen von Wright[1]) im blauen und infraroten Lichte zu zeigen, daß die Marsatmosphäre eine erhebliche Zerstreuung des blauen Lichtes zustande bringt. Auf den infraroten Bildern (7600 AE) treten die Gegensätze zwischen hellen und dunklen Gebieten schärfer hervor als bei der visuellen Beobachtung, die etwa durch die gelben Bilder wiedergegeben wird (5600 AE). Bei den Aufnahmen ohne Filter (4400 AE) jedoch erscheint der Planet als fast gleichmäßig erleuchtete Scheibe, aus der nur die Polkappen hell hervortreten, die auf den infraroten Bildern nicht heller als andere Gebiete sind. Kruse.

[1]) W. W. Coblentz, Temperature estimates of the planet Mars. Astronomische Nachrichten **224**, S. 361. u. Climatic conditions on Mars. Popular Astronomy 33, S. 310.

[2]) E. Pettit und S. B. Nicholson, Measurement of the radiation from the planet Mars. Popular Astronomy **32**, S. 601.

[1]) W. H. Wright, Photographs of Mars made with light of different colors. Publications of the Astronomical society of the Pacific **36**, S. 239.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.

ZWEITER JAHRGANG JULI 1925 • Nr. 6/7

MITTEILUNGEN DER GESELLSCHAFT
DEUTSCHER NATURFORSCHER UND AERZTE

Felix Klein,

geboren zu Düsseldorf am 25. April 1849,
gestorben zu Göttingen am 22. Juni 1925.

In den Abendstunden des 22. Juni ist FELIX KLEIN dahingegangen, ein Schöpfer und Mehrer im Reich der mathematischen Wissenschaften, der würdige Nachfolger von GAUSS und RIEMANN auf dem Göttinger Lehrstuhl, der die von jenen überkommene tiefe Einsicht in die Grundlagen und den inneren Zusammenhang von Mathematik und Naturwissenschaften in seinen Arbeiten und in seiner allseitigen Lehrtätigkeit erfolgreich zur Geltung brachte.

Mit weitschauendem Blick hat er das ganze Gebiet umfaßt, auf der Grundlage allgemeiner Prinzipe die einzelnen Teile unter einheitlicher Betrachtungsweise zusammengeschlossen und in ihrem wechselseitigen Verhältnis durchforscht. Solchergestalt hat er alte Probleme mit neuen Methoden durchdacht und neu belebt. Von da aus führte ihn die schöpferische Phantasie zu immer neuen Fragestellungen, geniale Intuition zu ihrer Lösung. Anschauliches Erfassen und geometrisches Durchdringen auch abstrakter Gedankenfolgen und Methoden zeichnet alle seine Forschungen aus, ist Ziel auch seines Unterrichts gewesen. Das Fundament aber, auf dem er sein Lebenswerk gegründet hat, ist seine im Alter von 23 Jahren verfaßte Erlanger Programmschrift „Vergleichende Betrachtungen über neuere geometrische Forschungen". Sie führt ihn von dem Gedanken, jeweils das Bleibende in einem geschlossenen System von Änderungen zu suchen, zur Invariantentheorie der Bewegungen des Raumes, zu den Substitutionsgruppen der Algebra, zu den Transformationsgruppen in der Theorie der Differentialgleichungen und der Funktionentheorie. Mit Betrachtungen über die Beziehungen des MINKOWSKI-EINSTEINschen Raum-Zeit-Problems zur Invariantentheorie gewisser Transformationsgruppen knüpft KLEIN fünfzig Jahre später an jenes Erlanger Programm wieder an. Es schließt sich der Ring fruchtbringendster Gedanken, mit denen er weite Gebiete durchleuchtet, die er klar und plastisch, zumal in seinen lebensprühenden Vorlesungen, herausgearbeitet, deren weitere Ausführung er zu einem großen Teile mit königlicher Gebefreudigkeit dem Kreise seiner Schüler anvertraut hat. Die in den letzten Jahren herausgegebenen „Gesammelten mathematischen Abhandlungen", die er selbst noch mit bedeutenden, Zeit und Umstände des Entstehens charakterisierenden Anmerkungen versehen hat, zeugen von dem Reichtum, der Tiefe und Fruchtbarkeit seiner Ideen. Sie werden noch auf lange Zeit hinaus ihre segensreiche Wirkung üben, wie sie mitbestimmend für das Gesamtbild der mathematischen Forschung der letzten fünfzig Jahre gewesen sind.

Neben das Bild des Gelehrten und des Lehrers stellt sich das Bild des Organisators.

Hier kommt die zwingende Kraft seiner Persönlichkeit zu vollem Ausdruck, der Drang, sich zum allgemeinen Nutzen zu betätigen, der feste Wille, sich für das als richtig und notwendig Erkannte einzusetzen, die zähe Energie, es bis zum Ende durchzuführen.

So hat er dreißig Jahre lang die Herausgabe der Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften geleitet, die Dispositionen bis ins einzelne getroffen, die Mitarbeiter geworben und unermüdlich beraten, die Zögernden angespornt, die Säumigen gezwungen.

In gleichem war er für alle Fragen des mathematischen Unterrichts tätig, hat seine Reformen mitbestimmt. Vergleichende Betrachtungen aus den wichtigsten Kulturländern liegen vor in den wesentlich seiner Initiative entsprungenen Schriften der internationalen und der deutschen Unterrichtskommissionen; grundsätzliche Fragen hierzu sind mannigfach in seinen Vorlesungen behandelt.

In eben diesen Vorlesungen, deren autographierte Nachschrift er noch zuletzt für eine teilweise Neuausgabe vorbereitet hat, tritt, wie in allen seinen Schriften, zumal in den didaktischen und in der Enzyklopädie, immer wieder die Absicht hervor, die Bedeutung des mathematischen Denkens, mathematischer Klarheit und Anschaulichkeit für alle Probleme der angewandten Mathematik, in Naturwissenschaft und Technik aufzuzeigen und dadurch einer gesunden Weiterentwicklung die Richtung zu weisen.

Dabei lassen ihn der eigene Entwicklungsgang, seine im Bezirk der Großindustrie verbrachte Jugend, seine auf der Technischen Hochschule in München angebahnte stets lebendig erhaltene Beziehung zur Technik, die in der *Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik und Mathematik* ihren bedeutungsvollen Ausdruck fand, seine eigenen Arbeiten zur Mechanik (Kreiseltheorie) niemals vergessen, „wie die theoretische Betrachtung in allen diesen Fragen stets ergänzt werden muß durch eine intensive Beschäftigung mit den Dingen selbst; wie Anleitung zur exakten Beobachtung von früher

Jugend an, auf höherer Stufe Verbindung des mathematischen Nachdenkens mit der Arbeit im Laboratorium, im Konstruktionssaal dazutreten muß, um Theorie und Praxis nutzbringend zu vereinigen".

So hat KLEIN allzeit seines Lebens und Schaffens Wesen und allseitige Aufgabe der Mathematik verstanden und so seinen Schülern vermittelt. Sie galt ihm nach ihrer Gesamtaufgabe nicht als eine für sich bestehende, in sich in innerer Harmonie geschlossene abstrakte Wissenschaft, sondern als das starke Rückgrat eines Natur und Menschenwerk umfassenden lebendigen Organismus, welches allen seinen Gliedern festen Halt gewährt.

KLEIN hat am Abend seines Lebens es als ein besonderes Glück geachtet, „daß er sich selbst habe treu bleiben können, indem er nur solche Gedanken ausgestaltet habe, die er schon als Knabe in sich hegte". Von seinem reichen Leben, dessen Harmonie er dankbar empfunden hat, gilt das schöne Wort von GOETHE:

Was man in der Jugend wünscht, hat man im Alter die Fülle.

Dr. WALTHER VON DYCK.

Die Verdienste von Felix Klein um die Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts.

Durch den Tod FELIX KLEINS († 22. Juni 1925) ist der geistigen Kultur unseres Volkes eine Persönlichkeit entrissen worden, deren Bedeutung weit über den Umfang seiner ungemein ausgedehnten und zugleich in die Tiefe dringenden wissenschaftlichen Leistungen hinausreicht. Bei seinem bewundernswerten Organisationstalent und seinem Weitblick wurde jedes Problem, das er ergriff, zum Kern einer umfassenden und einer weite Kreise umspannenden Tätigkeit. Seine Bemühungen um eine Reform des mathematischen Unterrichts, zunächst auf den Universitätsbetrieb gerichtet und der Pflege der Anwendungen der Mathematik in Technik und Physik zugewandt, erstreckten sich bald auch auf den Unterricht an den höheren Schulen und betrafen insbesondere die Weiterführung des mathematischen Lehrpensums bis zu den Anfängen der Differential- und Integralrechnung und überhaupt die Pflege des sog. funktionalen Denkens. Hierüber ist schon in der Festschrift[1]) zum siebzigsten Geburtstage KLEINS im Jahre 1919 von kundiger Seite genauer berichtet worden. Inzwischen war aber im Anfange des Jahrhunderts die „biologische Bewegung" aufgetreten, die darauf abzielte, dem biologischen Unterricht einen Platz auch auf der Oberstufe der höheren Schulen zu verschaffen. KLEIN erkannte bald, daß es zweckmäßig und aussichtsvoll sei, die Frage der mathematischen Reform mit der biologischen Bewegung zu verknüpfen, und veranlaßte, daß auf der Naturforscherversammlung in Kassel 1903 beschlossen wurde, „die Gesamtfragen des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts an den höheren Schulen bei nächster Gelegenheit zum Gegenstand einer umfassenden Verhandlung zu machen". Diese Verhandlung fand bereits im folgenden Jahre auf der Naturforscherversammlung in Breslau statt. Bei diesem Anlaß vertrat er keineswegs in einseitiger Weise die Forderungen des mathematischen Unterrichts. In seinen „Bemerkungen zum mathematischen und physikalischen Unterricht" betonte er ausdrücklich, daß der letztere naturwissenschaftliche Beobachtung und naturwissenschaftliches Denken zu üben habe, und daß hierbei der Mathematik nur die Bedeutung eines allerdings unerläßlichen Werkzeugs zukomme. Er unterstrich die notwendigen Forderungen dieses Unterrichts nach ausreichenden Sammlungs- und Arbeitsräumen und nach Einrichtung physikalischer Schülerübungen. Er wies auch darauf hin — was nach dem Kriege immer allgemeiner erkannt und ausgesprochen worden ist —, daß das Ausland namentlich in Physik und Chemie die deutschen Schulen vielfach überflügelt habe; man hoffe im Auslande, durch verstärkte Pflege dieses Unterrichts die Bevölkerung für den Konkurrenzkampf der Nationen auf den Gebieten der Industrie und der militärischen Geltung tüchtiger zu machen. Er betonte auch schon die Wichtigkeit der Heranbildung geeigneter Lehrer und ihrer angemessenen Fortbildung. Er befürwortete im Zusammenhang damit, die Gesamtheit der Fragen des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts (einschließlich der Chemie und Biologie) einer möglichst vielseitig zusammengesetzten Kommission zu überweisen, die einer späteren Versammlung bestimmt abgeglichene Vorschläge vorzulegen habe.

Die hieraufhin gewählte zwölfgliedrige „Unterrichtskommission der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte" hat dann in den folgenden Jahren, 1905 in Meran, 1906 in Stuttgart, 1907 in Dresden, eine Reihe von Reformvorschlägen gemacht. Wennschon KLEIN den Vorsitz dieser Kommission dem ihm nahe befreundeten, inzwischen auch schon verstorbenen A. GUTZMER überließ, so blieb er doch der spiritus rector und sozusagen die Seele der Kommission. Kaum ein Problem kam zur Verhandlung, das er nicht durch seine Anregung gefördert, durch seinen Rat der Lösung nähergeführt, mit der Klarheit seines Geistes durchleuchtet hätte. Eins der wesentlichsten Ergebnisse der Kommission waren die vielgenannten „Meraner Lehrpläne", für deren Anerkennung bei den deutschen Regierungen KLEIN sich mit dem ganzen Gewicht seiner Persönlichkeit einsetzte. Sein besonderes Interesse wandte er der Lehrerbildung zu, über die er einen ausführlichen Bericht im Jahre 1907 vorlegte. In der Vorbemerkung dazu weist er darauf hin, daß die Hochschule in allen Fächern auf den künftigen Beruf der Lehrer mehr Rücksicht nehmen müsse, als es zur Zeit geschehe, daß anderseits die wissenschaftliche Ausbildung keinen Schaden leiden dürfe, und zugleich doch auch die allgemeine Ausbildung, z. B. in der Philosophie, zu ihrem Recht kommen müsse. In den Vorschlägen selbst ist das Bestreben sichtbar, nicht ein einzelnes Fach einseitig zu vertreten, sondern die Interessen der verschiedenen mathematischen und naturwissenschaftlichen Gebiete gegeneinander abzugleichen. KLEIN hat sich besonders auch der Biologie angenommen und deren Forderungen schon in dem Jahr der Meraner Lehrpläne auf der in Hamburg tagenden Versammlung deutscher Philologen und

[1]) Sonderheft der Naturwissenschaften VII, Heft 17 vom 25. April 1919.

Schulmänner vertreten, dann auch im Jahre 1907 die Hochschulausbildung in der Gesamtheit der mathematischen und naturwissenschaftlichen Fächer auf der Baseler Philologenversammlung in einem besonderen Vortrag zur Sprache gebracht. Ihm, in Verbindung mit dem auch schon verstorbenen Geheimrat von BÖTTINGER, ist es auch zu danken, daß der seinerzeit allmächtige Ministerialdirektor ALTHOFF sich für die Frage des Biologieunterrichts auf der Oberstufe der höheren Schulen interessierte und eine kleine Konferenz von Fachmännern für die Erörterung dieser Frage unter seinem Vorsitz zusammenrief. Durch den bald danach erfolgten Tod ALTHOFFS wurde leider die in Aussicht genommene Reform wieder in den Hintergrund gedrängt.

Auch an den Arbeiten des auf die Unterrichtskommission im Jahre 1908 folgenden Deutschen Ausschusses für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht nahm KLEIN beständig regen Anteil; bis in seine letzte Lebenszeit war sein Haus der Mittelpunkt für alle, die in der Bewegung für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht tätig waren. Hier hat er beständig ausgleichend und vermittelnd gewirkt. Sein Ideal war, daß das Unterrichtswesen der Nation als eine große Einheit, als ein Organismus aufzufassen sei, vom Kindergarten mit seinen interessanten Problemen beginnend bis hoch hinauf zum Hochschulbetrieb einschließlich der Forschungsinstitute, die ja auch noch eine gewisse Unterrichtstätigkeit für Spezialisten entfalten. Diese Auffassung ist bekanntlich auch eine der Grundideen der Reichsschulkonferenz im Jahre 1920 gewesen. In seiner Münsterer Rede von 1911 behandelte KLEIN bereits „aktuelle Probleme der Lehrerbildung" im Hinblick auf die Ausbildung der Mittelschullehrer und Volksschullehrer, auch hier wieder das Ganze der mathematischen und naturwissenschaftlichen Bildung umfassend und durchdrungen von der Überzeugung, daß die Volksschule (nebst Präparandie und Seminar) durchweg denjenigen *realistischen* Charakter haben sollte, der durch die Tüchtigmachung der Lehrer für ihre verschiedenen praktischen Aufgaben, namentlich auch an den Fachschulen, verlangt wird.

Angesichts der Neuordnung des höheren Schulwesens in Preußen hat KLEIN das vernichtende Urteil gesprochen: *„Das preußische Ministerium hat das Ende des naturwissenschaftlichen Jahrhunderts dekretiert."* Sein Vermächtnis an die Überlebenden ist es, dafür zu sorgen, daß die Naturwissenschaft wieder zum unverkürzten Bildungsgut für unsere heranwachsende Jugend werde.

FR. POSKE.

Veröffentlichungen von Felix Klein[1]).

A. Selbständig erschienene Veröffentlichungen, redigierte Sammelwerke sowie Einführungsworte zu Werken anderer.

1. Über die Transformation der allgemeinen Gleichung des zweiten Grades zwischen Linienkoordinaten auf eine kanonische Form. Inaug.-Diss.: Bonn 1868 (Promotion am 12. Dez. 1868).

2. Bearbeitung und Herausgabe von J. PLÜCKER, Neue Geometrie des Raumes, gegründet auf die Betrachtung der geraden Linie als Raumelement. Zweite Abteilung. Mit eigenen im Vorwort besonders bezeichneten Zusätzen. Leipzig: Teubner 1869.

3. Vier Modelle zur Theorie der Linienkomplexe zweiten Grades. Köln: J. Eigel & Sohn 1871.

4. Vergleichende Betrachtungen über neuere geometrische Forschungen. Programm zum Eintritt in die philosophische Fakultät und den Senat der Friedrich Alexander Universität zu Erlangen. Erlangen: A. Deichert 1872. Abgedr. Math. Ann. 43. 1893.

5. Redaktion der Math. Ann., Mitwirkung seit 6. 1873. Übernahme der Redaktion seit 10. 1876.

6. Vorwort zu A. CLEBSCH, Vorlesungen über Geometrie. Hrsg. von F. LINDEMANN 1. Leipzig: Teubner 1876.

7. Herausgabe von München in naturwissenschaftlicher und medizinischer Beziehung. Leipzig und München 1877.

8. Herausgabe von Amtlicher Bericht der 50. Vers. Dtsch. Naturforsch. u. Ärzte in München 1877.

9. Über Riemanns Theorie der algebraischen Funktionen und ihrer Integrale (VIII u. 82 S.). Leipzig: Teubner 1882.

10. Vorlesungen über das Ikosaeder und die Auflösung der Gleichungen vom fünften Grade (VIII u. 260 S.). Leipzig: Teubner 1884.

11. Vorlesungen über die Theorie der elliptischen Modulfunktionen, ausgearb. u. vervollst. von R. FRICKE 1 (XX u. 764 S.), 2 (XV u. 712 S.). Leipzig: Teubner 1890 u. 1892.

12. Vorwort zu F. POCKELS, Über die partielle Differentialgleichung $\Delta u + k^2 u = 0$. Leipzig: Teubner 1890. (Das Buch stellt in einigen besonders bezeichneten Teilen die Ausführung einer Vorlesung von KLEIN aus dem W.-S. 1889—90 dar.)

13. The Evanston Colloquium. Lectures on Mathematics, reported by Alexander Ziwet (IX u. 109 S.). New York: Macmillan and Co. 1894. Zweite Auflage 1911.

14. Vorwort zu M. BÔCHER, Über die Reihenentwicklungen der Potentialtheorie. Leipzig: Teubner 1894. (Das Buch stellt in einigen besonders bezeichneten Teilen die Ausführung einer Vorlesung von KLEIN aus dem W.-S. 1889/90 dar.)

15. Vorträge über ausgewählte Fragen der Elementargeometrie (V u. 66 S.). Leipzig: Teubner 1895.

16. R. FRICKE und F. KLEIN, Vorlesungen über die Theorie der automorphen Funktionen 1. 1897; 2, Teil 1. 1901, Teil 2. 1911, Teil 3. 1912 (XIV u. 634 S., VIII u. 668 S.). Leipzig: Teubner.

17. F. KLEIN und A. SOMMERFELD, Über die Theorie des Kreisels, Heft 1 (IV u. 196 S.). 1897; Heft 2 (IV u. 315 S.). 1898; Heft 3 (IV u. 247 S.). 1903; Heft 4, bearb. u. ergänzt von F. NOETHER (II u. 206 S.). 1910. Leipzig: Teubner.

18. The mathematical theory of the top, Princeton lectures. New York: Charles Scribners sons, 1897 (74 S.).

19. Vorwort und Anmerkungen zu E. J. ROUTH, Die Dynamik des Systems starrer Körper, 2 Bde. Leipzig: Teubner 1898.

20. Über die Neueinrichtungen für Elektrotechnik und allgemeine technische Physik an der Universität Göttingen. Mit einer Antwort auf die von Prof. SLABY in der Sitzung des Preußischen Herrenhauses vom

[1]) Aus dem Hefte der *Naturwissenschaften* vom 25. April 1919 (mit Ausnahme des Verzeichnisses der autographischen Vorlesungshefte und der bei FELIX KLEIN bearbeiteten Dissertationen).

30. März 1900 gehaltene Rede. Leipzig: Teubner 1900 (23 S.).

21. Herausgabe von C. F. Gauß' Werken Bd. VIII. 1900; IX. 1903; VII. 1906; X, Teil 1. 1917. Leipzig: Teubner.

22. Redaktion von Bd. IV der Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften mit Einschluß ihrer Anwendungen, Teilband 1 (mit Vorwort), 1901—1908, Teilbd. 2 (erscheint seit 1907), Teilbd. 3, 1901—1908, Teilbd. 4, 1907—1917. Leipzig: Teubner.

23. F. Klein und E. Riecke, Über angewandte Mathematik und Physik in ihrer Bedeutung für den Unterricht an den höheren Schulen. Vorträge von E. Riecke, F. Klein, F. Schilling, E. Wiechert, G. Bohlmann, E. Meyer, Th. Descoudres während eines Göttinger Ferienkursus, mit Wiederabdruck verschiedener Aufsätze von F. Klein (VI u. 252 S.). Leipzig: Teubner 1900.

24. Vorwort zu F. Enriques, Vorlesungen über projektive Geometrie. Leipzig: Teubner 1903.

25. F. Klein und E. Riecke, Neue Beiträge zur Frage des mathematischen und physikalischen Unterrichts. Vorträge von O. Behrendsen, E. Bose, E. Götting, F. Klein, E. Riecke, F. Schilling, J. Stark, K. Schwarzschild während eines Göttinger Ferienkursus 1 (VII u. 190 S.); 2 (VI u. 198 S.). Leipzig: Teubner 1904.

26. Über die Aufgaben und die Zukunft der philosophischen Fakultät, Kaisergeburtstagsrede vom 27. Jan. 1904. Göttingen: Kaestner 1904. Abgedruckt im Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. 13. 1904, teilweise abgedruckt in der Phys. Zeitschr. 5. 1904.

27. Vorträge über den mathematischen Unterricht. Bearb. von R. Schimmek (IX u. 236 S.). Leipzig: Teubner 1907.

28. Universität und Schule. Vorträge von F. Klein, P. Wendland, A. Brandl, A. Harnack auf der Vers. Dtsch. Philol. u. Schulmänner zu Basel 1907 (88 S.). Leipzig: Teubner 1907.

29. Wissenschaft und Technik. Vortrag, geh. bei der Jahresfeier des Deutschen Museums in München am 1. Okt. 1908. München 1908. Abgedr. in der Internat. Wochenschr. 2, im Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. 17 und in der Phys. Zeitschr. 9. 1908.

30. Vorwort zu J. Tannery, Elemente der Mathematik. Leipzig: Teubner 1909.

31. Schriften des Deutschen Unterausschusses der internationalen mathematischen Unterrichtskommission (Imuk). Leipzig: Teubner, und zwar:

I. Berichte und Mitteilungen. Heft 3 (S. 33—38) F. Klein und H. Fehr, Erstes Rundschreiben des Hauptausschusses 1909. Heft 4 (S. 38—54) F. Klein und H. Fehr, Zweites Rundschreiben des Hauptausschusses 1910.

II. Abhandlungen über den mathematischen Unterricht in Deutschland, herausg. von F. Klein. 5 Bde. in 9 Teilbänden. Bd. 1 mit einem Einführungswort von F. Klein 1909—1913; Bd. 2, 1910—1913; Bd. 3 mit einem Einführungsworte und einem Schlußworte von F. Klein 1911—1916; Bd. 4, 1910—1915; Bd. 5 mit einem Einführungsworte und einem Schlußworte von F. Klein 1912—1916.

32. Aktuelle Probleme der Lehrerbildung. Schriften des Dtsch. Aussch. f. d. math. u. naturw. Unterr., Heft 10 (IV u. 32 S.). Leipzig: Teubner 1911.

33. F. Klein und M. Brendel (später F. Klein, M. Brendel und L. Schlesinger), Materialien für eine wissenschaftliche Biographie von Gauß Hefte 1—6. Leipzig: Teubner 1911—1918.

34. Die Kultur der Gegenwart. III. Teil, 1. Abteilung. Die mathematischen Wissenschaften. Unter Leitung von F. Klein. Lieferung 1—3, 1912—1914.

B. Abhandlungen[1]).

(G. N. bedeutet Göttinger Nachrichten, M. A. Mathematische Annalen.)

1. Zur Theorie der Linienkomplexe des 1. und des 2. Grades (Vorl. Mitt.), G. N. 1869 (datiert 4. Juni 1869, vorgel. 5. Juni 1869) [19 S.].

2. Zur Theorie der Linienkomplexe des 1. und des 2. Grades. M. A. 2. 1870 (dat. 14. Juni 1869) [29 S.].

3. Die allgemeine lineare Transformation der Linienkoordinaten. M. A. 2. 1870 (dat. 4. Aug. 1869) [5 S.].

4. Über die Abbildung der Komplexflächen 4. Ordnung und 4. Klasse. M. A. 2. 1870 (dat. 14. Juni 1869) [2 S.].

5. (Mit S. Lie) Sur une certaine famille des courbes et des surfaces (2 Noten). Cpt. rend. 70. 1870 (dat. 6. Juni, 13. Juni 1870) [5 und 4 S.].

6. (Mit S. Lie) Über die Haupttangentenkurven der Kummerschen Fläche 4. Grades mit 16 Knotenpunkten. Berl. Ber. 1870 (vorgel. am 15. Dez. 1870) [9 S.]. Abgedr. M. A. 23.

7. Zur Theorie der Kummerschen Fläche und der zugehörigen Linienkomplexe 2. Grades. G. N. 1871 (vorgel. am 18. Jan. 1871) [6 S.].

8. Über einen Satz aus der Theorie der Linienkomplexe, welcher dem Dupinschen Theoreme analog ist. G. N. 1871 (vorgel. am 14. März 1871) [13 S.].

9. Über die sog. Nichteuklidische Geometrie (Vorl. Mitt.), G. N. 1871 (vorgel. am 30. Aug. 1871) [15 S.]. Französ. Übersetzung im Bull. des scienc. mathém. et astron. (1) 2.

10. (Mit S. Lie) Über diejenigen ebenen Kurven, welche durch ein geschlossenes System von einfach unendlich vielen vertauschbaren linearen Transformationen in sich übergehen. M. A. 4. 1871 (dat. März 1871) [35 S.].

11. Über eine geometrische Repräsentation der Resolventen algebraischer Gleichungen. M. A. 4. 1871 (dat. Mai 1871) [13 S.].

12. Notiz betreffend den Zusammenhang der Liniengeometrie mit der Mechanik starrer Körper. M. A. 4. 1871 (dat. Juni 1871) [13 S.].

13. Über die sog. Nichteuklidische Geometrie. M. A. 4. 1871 (dat. 19. Aug. 1871 [53 S.]. Französ. Übersetzung in den Ann. de la faculté des sc. de Toulouse 11. 1897.

14. Über Liniengeometrie und metrische Geometrie. M. A. 5. 1872 (dat. Okt. 1871) [21 S.].

15. Über gewisse in der Liniengeometrie auftretende Differentialgl. M. A. 5. 1872 (dat. Nov. 1871) [26 S.].

16. Über einen liniengeometrischen Satz. G. N. 1872 (vorgel. am 2. März 1872) [12 S.]. Abgedr. M. A. 22. 1883.

17. Über einen Satz der analysis situs. G. N. 1872 (vorgel. am 1. Juni 1872) [8 S.].

18. Zur Interpretation der komplexen Elemente in der Geometrie. G. N. 1872 (vorgel. am 3. Aug. 1872) [6 S.]. Abgedr. M. A. 22. 1883.

19. Besprechung von M. Chasles, Rapport sur les progrès de la géométrie etc. (Paris 1870). Gött. gelehrte Anz. 1872 [12 S.].

---

[1]) Eine Reihe von Besprechungen in den Fortschritten der Mathematik für die Jahrgänge 1869 bis 1877 (Bde. 2—9), mit Kln. gezeichnet, ist nicht besonders angeführt.

20. Besprechung eines von Herrn Dr. NEESEN nach Angaben von F. KLEIN konstruierten Modells einer Fläche 3. Ordn. G. N. 1872 (vorgel. am 3. Aug. 1872).

21. Über die sog. Nichteuklidische Geometrie II. M. A. **6**. 1873 (dat. 8. Juni 1872) [34 S.].

22. Über Flächen 3. Ordn. (2 Noten). Erlanger Ber. 1873 (dat. 5. Mai und 23. Juni 1873) [6 u. 2 S.].

23. Über eine Gleichung 12. Grades. Erl. Ber. 1873 (dat. 12. Juli 1873 [5 S.].

24. Übertragung des Pascalschen Satzes auf Raumgeometrie. Erl. Ber. 1873 (dat. 10. Nov. 1873) [3 S.]. Abgedr. M. A. **22**. 1883.

25. Der allgemeine Funktionsbegriff und seine Darstellung durch eine willkürliche Kurve. Erl. Ber. 1873 (dat. 8. Dez. 1873) [11 S.]. Abgedr. M. A. **22**. 1883.

26. Über Flächen 3. Ordn. M. A. **6**. 1873 (dat. 6. Juni 1873) [31 S. u. 6 Tafeln].

27. Über die Plückersche Komplexfläche. M. A. **7**. 1874 (dat. Okt. 1873) [4 S.].

28. Mitarbeit an RUDOLF FRIEDRICH ALFRED CLEBSCH, Versuch einer Darlegung und Würdigung seiner wissenschaftlichen Leistungen. M. A. **7**. 1874 (dat. Juli 1873).

29. Nachtrag zu dem zweiten Aufsatze über Nichteuklidische Geometrie. M. A. **7**. 1874 (dat. Januar 1874) [7 S.].

30. Bemerkungen über den Zusammenhang von Flächen. M. A. **7**. 1874 (dat. Febr. 1874) [9 S.].

31. Über eine neue Art von Riemannschen Flächen. M. A. **7**. 1874 (dat. Febr. 1874) [9 S.].

32. Weitere Mitteilung über eine neue Art von Riemannschen Flächen. Erl. Ber. 1874 (dat 11. Mai 1874) [5 S.].

33. OTTO HESSE, Nachruf. Ber. über die K$_k$. polyt. Schule zu München für 1874/75 [4 S.]. Französ. Übersetzung im Bull. di bibliog. e di storia delle sc. mat. etc. von Bon compagni **9**. Roma 1876.

34. Über eine Relation zwischen den Singularitäten einer algebraischen Kurve. Erl. Ber. 1875 (dat. 13. Dez. 1875) [5 S.].

34a. Eine neue Relation zwischen den Singularitäten einer algebraischen Kurve. M. A. **10**. 1876 (dat. Jan. 1876) [11 S.].

35. Binäre Formen mit linearen Transformationen in sich. M. A. **9**. 1876 (dat. Juni 1875) [26 S.].

36. Über den Zusammenhang der Flächen. M. A. **9**. 1876 (dat. Nov. 1875) [8 S.].

37. Über lineare Differentialgl. Erl. Ber. 1876 (dat. 26. Juni 1876) [4 S.]. Abgedr. M. A. **11**. 1877 [5 S.]. Französ. Übersetzung im Bull. des sc. mathém. et astr. (2) **1**. 1877.

38. Weitere Untersuchungen über das Ikosaeder. Erl. Ber. 1876 (dat. 13. Nov. 1876) [14 S.].

39. Über den Verlauf der Abelschen Integrale bei den Kurven vierten Grades. M. A. **10**. 1876 (dat. April 1876) [33 S. u. 3 Tafeln].

40. Über eine neue Art von Riemannschen Flächen II. M. A. **10**. 1876 (dat. April 1876) [19 S.].

41. Ist OERSTEDT oder SCHWEIGGER der Entdecker des Elektromagnetismus? Pogg. Ann. **157**. 1876 (dat. März 1876) [2 S.].

42. Weitere Untersuchungen über das Ikosaeder, II und III, 2 Noten. Erl. Ber. 1877 (dat. 15. Jan. und 9. Juli 1877) [14 u. 4 S.].

43. Über den Verlauf der Abelschen Integrale bei den Kurven 4. Gr., II, M. A. **11**. 1877 (dat. Aug. 1876) [13 S. u. 1 Tafel].

44. Über lineare Differentialgl. M. A. **12**. 1877 (dat. April 1877) [13 S.].

45. Weitere Untersuchungen über das Ikosaeder. M. A. **12**. 1877 (dat. Aug. 1877) [58 S.].

46. Über die Gestalten der Kummerschen Fläche. Amtl. Ber. der 50. Vers. Dtsch. Naturforsch. u. Ärzte in München 1877, S 35.

47. Über elliptische Funktionen. Ebenda S. 104.

48. Sull' equazione del l'icosaedro nella risoluzione del' equazioni del quinto grado. Schreiben an BRIOSCHI. Rendic. del R. Istit. Lombardo (2) **10**. 1877 (dat. 6. April 1877) [3 S.].

49. On the transformation of elliptic functions. Lond. math. soc. proc. **9**. 1877/78 (vorgel. am 9. Mai 1878) [9 S.].

50. Über Gleichungen 7. Gr., 2 Noten. Erl. Ber. 1878 (dat. 4. März und 20. Mai 1878) [2 u. 5 S.].

51. Über die Transformation der elliptischen Funktionen und die Auflösung der Gleichungen 5. Gr. M. A. **14**. 1879 (dat. Mai 1878) [62 S.].

52. Über die Erniedrigung der Modulargleichungen. M. A. **14**. 1879 (dat. Okt. 1878) [11 S. u. 2 Tafeln].

53. Über die Transformation 7. Ordn. der ellipt. Funkt. M. A. **14**. 1879 (dat. Nov. 1878) [44 S. u. 1 Tafel].

54. Sull' equazione modulari. Schreiben an BRIOSCHI. Rendic. del R. Istit. Lomb. (2) **8**. 1879 (dat. 30. Dez. 1878, vorgel. 2. Jan. 1879) [4 S.]. Deutsche Übersetzung unter dem Titel Über Multiplikatorgleichungen. M. A. **15**. 1879 [3 S.].

55. Über die Auflösung gewisser Gleichungen vom 7. u. 8. Grade. M. A. **15**. 1879 (dat. März 1879) [32 S.].

56. Über die Transformation 11. Ordn. der ellipt. Funkt. M. A. **15**. 1879 (dat. 15. Aug. 1879) [23 S. u. 1 Tafel].

57. Zur Theorie der elliptischen Modulfunktion. Münch. Ber. 1879 (vorgel. am 6. Dez. 1879) [12 S.]. Abgedr. M. A. **17** [9 S.].

58. Sulla risolvente di 11° grado dell' equazione modulare di 12° grado. Trans. delle R. Acc. dei Lincei (3) **3**. 1879 (vorgel. am 4. Mai 1879) [2 S.].

59. Sulla transformazione dell 11° ordine delle funzioni ellittiche. Rendic. del R. Istit. Lomb. (2) **12**. 1879 (vorgel. am 17. Juli 1879) [4 S.].

60. Über unendlich viele Normalformen des ellipt. Integrals 1. Gatt. Münch. Ber. 1880 (vorgel. am 3. Juli 1880) [9 S.]. Abgedr. M. A. **17** [6 S.].

61. On the transformation of elliptic functions. Lond. math. soc. proc. **11**. 1879/80 (dat. 5. Okt. 1880) [2 S.].

62. Über die geometrische Definition der Projektivität auf den Grundgebilden der ersten Stufe. M. A. **17**. 1880 (dat. April 1880) [3 S.].

63. Über gewisse Teilwerte der ϑ-Funktion. M. A. **17**. 1880 (dat. 10. Jan. 1881) [3 S.].

64. Über Lamésche Funktionen. M. A. **18**. 1881 (dat. Jan. 1881) [10 S.].

65. Über Körper, welche von konfokalen Flächen 2. Grades begrenzt sind. M. A. **18**. 1881 (dat. 14. März 1881) [18 S.].

66. Bemerkung über Flächen 4. Ordn. M. A. **18**. 1881 (dat. 5. April 1881) [1 S.].

67. Über die konforme Abbildung von Flächen. M. A. **19**. 1882 (dat. Okt. 1881) [2 S.].

68. Über eindeutige Funktionen mit linearen Transformationen in sich. M. A. **19**. 1882 (dat. 12. Jan. 1882) [4 S.].

69. Über eindeutige Funktionen mit linearen Transformationen in sich, II. M. A. **20**. 1882 (dat. 27. März 1882) [3 S.].

70. Neue Beiträge zur Riemannschen Funktionen-

theorie. M. A. **21**. 1883 (dat. 2. Okt. 1882) [78 S. u. 2 Tafeln].

71. Über gewisse Differentialgl. 3. Ordn. Leipz. Ber. **35**. 1883 (vorgel. am 29. Jan. 1883) [6 S.]. Abgedr. M. A. **23**. 1884.

72. Zur Theorie der elliptischen Funktionen n^{ter} Stufe. Leipz. Ber. **36**. 1884 (vorgel. am 14. Nov. 1884) [38 S.].

73. Neue Untersuchungen über elliptische Modulfunktionen der niedersten Stufen. Leipz. Ber. **37**. 1885 (vorgel. 2. März 1885) [22 S.].

74. Über die elliptischen Normalkurven der n^{ten} Ordnung und zugehörige Modulfunktionen n^{ter} Stufe. Leipz. Abhandl. **13**. 1885 (dat. 10. April 1885) [66 S.].

75. Neue Untersuchungen im Gebiete der elliptischen Funktionen. M. A. **26**. 1886 (dat. 17. Sept. 1885) [10 S.].

76. Über Konfiguration, welche der Kummerschen Fläche zugleich eingeschrieben und umgeschrieben sind. M. A. **27**. 1886 (dat. 28. Sept. 1885) [37 S.].

77. Über hyperelliptische Sigmafunktionen. M. A. **27**. 1886 (dat. 10. April 1886) [34 S.].

78. Über Gleichungen 6. u. 7. Grades. M. A. **28**. 1887 (dat. Okt. 1886) [34 S.].

79. Zur geometrischen Deutung des Abelschen Theorems der hyperelliptischen Integrale. M. A. **28**. 1887 (dat. Okt. 1886) [28 S.].

80. Zur Theorie der hyperelliptischen Funktionen beliebig vieler Argumente. G. N. 1887 (vorgel. am 5. Nov. 1887) [7 S.].

81. Sur la resolution par les fonctions hyperelliptiques de l'équation du 27 ième degré, de laquelle depend la détermination des 27 droites d'une surface cubique. Schreiben an C. Jordan. Journ. de mathém. (4) **4**. 1888 (dat. 22. Sept. 1887) [4 S.].

82. Über irrationale Kovarianten. G. N. 1888 (vorgel. am 5. Mai, dat. 15. März 1888) [4 S.].

83. Über hyperelliptische Sigmafunktionen II. M. A. **32**. 1888 (dat. 24. März 1888) [30 S.].

84. Zur Theorie der Abelschen Funktionen I. G. N. 1889 (vorgel. am 2. März 1889) [12 S.].

85. Zur Theorie der Abelschen Funktionen II. G. N. 1889 (vorgel. am 1. Juni 1889, dat. 12. Mai 1889) [5 S.].

86. Formes principales sur les surfaces de Riemann. Cpt. rend. 1889 (dat. 21. Jan. 1889) [4 S.].

87. Des fonctions theta sur la surface générale de Riemann. Cpt. rend. 1889 (dat. 11. Febr. 1889) [4 S.].

88. Über die konstanten Faktoren der Thetareihen für $p = 3$. London math. soc. proc. **20**. 1888/89 (vorgel. am 11. April 1889) [3 S.].

89. Zur Theorie der Abelschen Funktionen. M. A. **36**. 1890 (dat. 24. Sept. 1890) [83 S.].

90. Zur Theorie der Laméschen Funktionen. G. N. 1890 (vorgel. am 1. März 1890) [11 S.].

91. Über die Nullstellen der hypergeometrischen Reihe. G. N. 1890 (vorgel. am 2. August 1890) [1 S.].

91a. Über die Nullstellen der hypergeometrischen Reihe (vorgetr. Sept. 1890). Verhandl. d. Ges. Dtsch. Naturforsch. u. Ärzte in Bremen 1890 II, S. 4.

92. Zur Nicht-Euklidischen Geometrie. M. A. **37** 1890 (dat. 20. Aug. 1890 [29 S.].

93. Über die Nullstellen der hypergeometrischen Reihe. M. A. **37**. 1890 (dat. 5. Sept. 1890) [18 S.].

94. Über Normierung der linearen Differentialgl. 2. Ordn. M. A. **38**. 1891 (dat. 23. Dez. 1890) [9 S.].

95. Über den Hermiteschen Fall der Laméschen Differentialgl. M. A. **40**. 1892 (dat. Sept. 1891) [5 S.].

96. Über den Begriff des funktionentheoretischen Fundamentalbereiches. M. A. **40**. 1892 (dat. Sept. 1891) [10 S.].

97. Geometrisches zur Abzählung der reellen Wurzeln algebr. Gleichungen. Katalog math. Modelle. Hrsg. von W. Dyck, München 1892 (dat. 9. Juni 1892) [13 S.].

98. Über neuere englische Arbeiten zur Mechanik (vorgetr. Sept. 1891). Verhandl. d. Ges. Dtsch. Naturforsch. u. Ärzte in Halle 1891. Abgedr. im Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. **1**. 1892 [2 S.].

99. Über Realitätsverhältnisse im Gebiete der Abelschen Funktionen. G. N. 1892 (vorgel. am 7. Mai, dat. 20. April 1892) [3 S.].

100. Über Realitätsverhältnisse bei der einem beliebigen Geschlechte zugehörigen Normalkurve der φ. M. A. **42**. 1893 (dat. 2. Sept. 1892) [29 S.].

101. Über die Komposition der binären quadr. Formen. G. N. 1893 (vorgel. am 14. Jan. 1893) [4 S.].

102. Zur Theorie der algebraischen Funktionen. Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. **2**. 1893 [2 S.].

103. Mathematik, in Lexis, Die deutschen Universitäten. Berlin: A. Ascher & Co. 1893 [10 S.].

104. The present state of mathematics, Mathem. papers read at the intern. math. congress. Chicago 1893. New York: Macmillan and Co. 1896 [4 S.]. Zuerst ersch. in The Monist. Hrsg. von Carus **4**. Chicago 1893.

105. Über die Entwicklung der Gruppentheorie während der letzten 20 Jahre. Ebenda S. 136.

106. Autogr. Vorlesungshefte. Referat über die unter B 2, 3 und 4 gen. Vorles. M. A. **45**. 1894 (dat. März 1894) [13 S.].

107. Autogr. Vorlesungshefte. Referat über die unter B 5 gen. Vorles. M. A. **46**. 1895 (dat. 16. Sept. 1894) [14 S.].

108. Riemann und seine Bedeutung für die Entwicklung der modernen Mathem. Rede, geh. am 26. Sept. 1894. Tagebl. d. 66. Vers. Dtsch. Naturforsch. u. Ärzte in Wien 1894, S. 212—221.

109. Über die zu einem algebr. Gebilde gehörenden nirgends singulären linearen Differentialgl. der 2. Ordnung. Vorgetr. Sept. 1894. Verhandl. d. Ges. Dtsch. Naturforsch. u. Ärzte in Wien.

110. Über den mathematischen Unterricht an der Universität Göttingen im bes. Hinblick auf die Bedürfnisse der Lehramtskand. Zeitschr. f. d. math. u. naturw. Unterr. **26**. 1895 (vorgetr. am 4. Juni 1895) [7 S.].

111. Über die Beziehung der neueren Mathematik zu den Anwendungen. Zeitschr. f. d. math. u. naturw. Unterr. **26**. 1895 (Antrittsrede, geh. am 25. Okt. 1880 in Leipzig).

112. Über eine geometrische Auffassung der gewöhnlichen Kettenbruchentw. G. N. 1895 (vorgel. am 19. Okt. 1895 [3 S.]. Französ. Übersetzung Nouv. annales des math. (3) **15**. 1896.

113. Zur Theorie der gewöhnlichen Kettenbrüche. Vorgetr. Sept. 1895, Verhandl. d. Ges. Dtsch. Naturforsch. u. Ärzte in Lübeck II. Abgedr. im Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. **4**. 1897 [2 S.].

113a. Über den Plan eines physikalisch-technischen Instituts an der Universität Göttingen. Vortrag geh. am 6. Dez. 1895 im Hannoverschen Bezirksverein des Ver. Dtsch. Ing. Zeitschr. d. Ver. Dtsch. Ing. 1896, S. 102ff. Abgedr. in Klein-Riecke, Über angewandte Mathematik und Physik usw.

114. Über die Arithmetisierung der Mathematik. G. N. (geschäftl. Mitt.) 1895 (Rede, geh. am 2. Nov. 1895) [10 S.]. Abgedr. Zeitschr. f. d. math. u. naturw. Unterr. **27**. 1896.

115. Über die Bewegung des Kreisels. G. N. 1896

(vorgel. am 11. Jan. 1896) [2 S.]. Französ. Übersetzung Nouv. ann. des math. (3) 15. 1896.

116. Stability of the sleeping top. Americ. math. soc. bull. 3. 1897 (vorgetr. Princeton am 17. Okt. 1896) [4 S.]. Französ. Übersetzung Nouv. ann. des math. (3) 15. 1897.

117. Die Anforderungen der Ingenieure und die Ausbildung der math. Lehramtskand. (vorgetr. 20. April 1896). Zeitschr. f. d. math. u. naturw. Unterr. 27. 1896 [6 S.]. Abgedr. in der Zeitschr. d. Ver. Dtsch. Ing. 1896, S. 987ff. und in KLEIN-RIECKE, Über angewandte Mathematik und Physik usw.

118. Über die analytische Darstellung der Rotationen bei Problemen der Mechanik (vorgetr. Sept. 1896). Verhandl. d. Ges. Dtsch. Naturforsch. u. Ärzte in Frankfurt 1896, abgedr. im Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. 5, 87—88. 1901.

119. Über einen Satz aus der Theorie der endlichen (diskontinuierlichen) Gruppen lin. Substitut. beliebig vieler Veränderl. (Mitt. eines Satzes von Moore), vorgetr. Sept. 1896. Verhandl. d. Ges. Dtsch. Naturforsch. u. Ärzte in Frankfurt 1896, abgedr. im Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. 9, 57. 1901.

120. Autographische Vorlesungshefte. Ref. über die unter B 6 gen. Vorl. M. A. 48. 1897 (dat. Aug. 1896) [24 S.].

121. ERNST RITTER, Nachruf. Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. 4. 1897 (dat. 25. Sept. 1895).

122. Erwerbung neuer auf B. RIEMANN bezügl. Manuskripte. G. N. 1897 (vorgel. am 31. Juli 1897) [2 S.].

123. Gutachten betr. den 3. Bd. der Theorie der Transformationsgruppen von S. LIE anläßlich der ersten Verteilung des Lobatschewskypreises. Nachr. d. phys.-math. Ges. d. Univers. Kasan (2) 8. 1897. Abgedr. M. A. 50. 1898 [18 S.].

124. Über den Stand der Herausgabe von Gauß' Werken. Berichte 1—12. G. N. 1898/99, 1900—1902, 1904, 1906, 1910/11, 1913, 1915, 1917. Französ. Übersetzung von Ber. 1 und 2 Bull. des sc. mat. et astr. 22. 1898 u. 23. 1899. Alle Ber. abgedr. M. A. 50, 53, 55, 57, 61, 63, 69, 71, 74, 77, 78.

125. Universität und Technische Hochschule (vorgetr. am 19. Sept. 1898). Verhandl. d. Ges. Dtsch. Naturforsch. u. Ärzte in Düsseldorf 1898, wiederabgedr. im Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. 7. 1899 [12 S.] und in KLEIN-RIECKE, Über angewandte Mathematik und Physik usw. 1900.

126. Zum Gedächtnis ERNST SCHERINGS. Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. 6. 1899 [2 S.].

127. Sulla risoluzione delle equazioni di sesto grado. Rend. acc. dei Lincei (5) 8. 1899 (Schreiben an CASTELNUOVO, vorgel. am 2. April 1899) [1 S.].

128. Über Aufgabe und Methode des mathematischen Unterrichts an den Universitäten (vorgetr. Sept. 1898). Verhandl. d. Ges. Dtsch. Naturforsch. u. Ärzte in Düsseldorf 1898, wiederabgedr. im Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. 7. 1899 [13 S.].

129. Über Neueinrichtungen für Elektrotechnik und allgemeine technische Physik an der Universität Göttingen. Phys. Zeitschr. 1. 1899 (dat. Anfang Nov. 1899). Abgedr. in A. 20, Die physikalischen Institute der Universität Göttingen. Leipzig 1906, S. 189—193; ferner in KLEIN-RIECKE, Über angewandte Mathematik und Physik usw. 1900.

130. Bemerkungen zu Referaten von WEBER und HAUCK über die angewandte Mathematik in der Prüfungsordnung (vorgetr. Sept. 1899). Verhandl. d. Ges. Dtsch. Naturforsch. u. Ärzte in München 1899, wiederabgedr. im Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. 8, 118—119. 1900.

131. Gauß' wissenschaftliches Tagebuch, mit Anmerkungen herausgegeb. von F. KLEIN. Festschr. z. Feier des 150jähr. Bestehens der Kgl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen. Berlin 1901, abgedr. M. A. 57. 1903.

132. Über die Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften (Auszug aus einem Vortrage vom 19. Sept. 1900). Verhandl. d. Ges. Dtsch. Naturforsch. u. Ärzte in Aachen 1900, wiederabgedr. im Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. 9. 1901 [7 S.] und in der Phys. Zeitschr. 2. 1901.

133. Gutachten betreffend die Beneke-Preisaufgabe. G. N. 1901 (geschäftl. Mitt.) [8 S.]. Teilweise abgedr. M. A. 55 [6 S.].

134. Über das Brunssche Eikonal. Zeitschr. f. Math. u. Phys. 46. 1901 [4 S.].

135. Räumliche Kollineationen bei optischen Instrumenten. Zeitschr. f. Math. u. Phys. 46. 1901 [7 S.].

136. Der Unterricht in der Mathematik, in LEXIS, Die Reform des höheren Schulwesens in Preußen 1902 [11 S.]. Abgedr. in KLEIN-RIECKE, Neue Beiträge zur Frage des mathematischen und physikalischen Unterrichts 1904, desgl. im Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. 13. 1904.

137. Über den mathematischen Unterricht an den höheren Schulen. Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. 11. 1902 [14 S.]. Abgedr. in KLEIN-RIECKE, Neue Beiträge usw. 1904.

138. Zur Schraubentheorie von Sir ROBERT BALL. Zeitschr. f. Math. u. Phys. 47. 1902 [29 S.] (dat. 3. Sept. 1901). Abgedr. mit Zusätzen M. A. 62. 1906.

139. Über das Porträt des 26jähr. Gauß. G. N. (geschäftl. Mitt.) 1903 [7 S.].

140. Zur Besprechung des math.-naturw. Unterrichts auf der nächsten Naturforscherversammlung zu Breslau. Verhandl. d. Ges. Dtsch. Naturforsch. u. Ärzte zu Kassel 1903. Leipzig 1904, 152—155, 169. Abgedr. Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. 13. 1904 [3 S.]. Wiederabgedr. in KLEIN-RIECKE, Neue Beiträge usw. 1904.

141. Mathematik, Physik, Astronomie in LEXIS, Das Unterrichtswesen im Deutschen Reich 1. 1904 [13 S.]. Abgedr. Jahresber. der Dtsch. Math. Ver. 13. 1904, desgl. Phys. Zeitschr. 5. 1904.

142. (Mit WIECHARDT) Über Spannungsflächen und reziproke Diagramme mit besonderer Berücksichtigung der Maxwellschen Arbeiten. Arch. d. Math. u. Phys. (3) 8. 1905 (dat. 10. Febr. 1904) [35 S.].

143. Über die Aufgabe der angewandten Mathematik, besonders über die pädagogische Seite (vorgetr. am 9. August 1904). Verhandl. d. 3. intern. Mathem.-Kongr. in Heidelberg. Leipzig: Teubner 1905 [2 S.].

144. Bemerkungen zum mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht. Verhandl. d. Ges. Dtsch. Naturforsch. u. Ärzte in Breslau 1904, Teil 1, Leipzig 1905 [14 S.] (dat. 22. Sept. 1904). Abgedr. Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. 14. 1905, desgl. Phys. Zeitschr. 5. 1904, desgl. in KLEIN-SCHIMMACK, Vorträge über den mathematischen Unterricht usw. 1907.

145. Probleme des mathem.-physikal. Hochschulunterrichts. Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. 14. 1905 (dat. Sept. 1905) [15 S.]. Französ. Übersetzung Enseignement mathém. 8. 1908. Abgedr. in KLEIN-SCHIMMACK, Vorträge über mathematischen Unterricht usw. 1907.

146. Über die Auflösung der allgemeinen Gleichungen 5. und 6. Grades. Journ. f. reine u. angew. Math. 129. 1905 [24 S.]. Abgedr. M. A. 61. 1905 (dat. 22. März 1905).

147. Beweis für die Nichtauflösbarkeit der Ikosaedergleichung durch Wurzelziehen. M. A. **61**. 1905 (dat. 26. Aug. 1905) [3 S.].

148. Zur Geschichte der Göttinger Vereinigung, in Die physikalischen Institute der Universität Göttingen. Festschr. d. Gött. Vereinigung z. Förderung d. angew. Phys. u. Math. S. 189 ff. Leipzig: Teubner 1906.

149. Bemerkungen zur Theorie der linearen Differentialgl. 2. Ordnung. M. A. **64**. 1907 (dat. April 1907) [22 S.].

150. Über den Zusammenhang zwischen dem sog. Oszillationstheoreme der lin. Differentialgl. und dem Fundamentaltheoreme der automorphen Funktionen (vorgetr. 16. Sept. 1907). Verhandl. d. Ges. Dtsch. Naturforsch. u. Ärzte in Dresden 1907, wiederabgedr. im Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. **16**, 537. 1907.

151. Reformvorschläge, unterbreitet der Naturforscherversammlung zu Dresden 1907. Zeitschr. f. d. math. u. naturw. Unterr. **38**, 401ff. 1907. Französ. Übersetzung (im Auszuge) Enseignement mathém. **10**. 1908.

152. (Mit GREENHILL und FEHR) Intern. mathem. Unterrichtskomm. (Imuk). Vorbericht über Organisation und Arbeitsplan (dat. Okt. 1908). Zeitschr. f. d. math. u. naturw. Unterr. **39**, 446—454. 1908 und Enseignement mathém. **10**. 1908.

153. Die Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik und Mathematik. (Festrede geh. 22. Febr. 1908). Festbericht zum 10jähr. Bestehen der Vereinigung. Abgedr. Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. **17**, 1908 [11 S.] und in der Phys. Zeitschr. **9**. 1908.

154. Die Einrichtungen zur Förderung der Luftschiffahrt an der Universität Göttingen (Auszug aus einem Vortrage vom 28. Jan. 1909). Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. **18**. 1909 [3 S.]. Abgedr. Illustr. aeronaut. Mit[illegible]909. Wiederabgedr. Phys. Zeitschr. **10**. 1909.

Über Selbstspannungen ebener Diagramme. M. **67**. 1909 (dat. 31. März 1909) [12 S.].

56. Zu PAINLEVÉS Kritik der Coulombschen Reibungsgesetze. Zeitschr. f. Math. u. Phys. **58**. 1910 (dat. 17. April 1909) [6 S.].

157. Zur Beratung des Kultusetats im Preußischen Herrenhause (Rede, geh. 27. Mai 1910). Zeitschr. f. d. math. u. naturw. Unterr. **41**, 386 ff. 1910.

158. Wissenschaftliche Vorbereitungskurse für Mittelschullehrer. Pädagog. Blätter **39**. 1910 u. Zeitschr. f. d. math. u. naturw. Unterr. **41**, 417 ff. 1910.

159. Über die geometrischen Grundlagen der Lorentzgruppe (Vortr., geh. 10. Mai 1910). Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. **19**. 1910 [20 S.]. Abgedr. Phys. Zeitschr. **12**. 1911.

160. Über die Bildung von Wirbeln in reibungslosen Flüssigkeiten. Zeitschr. f. Math. u. Phys. **58**. 1910 (dat. 20. August 1909) [4 S.].

161. Modelle zur Darstellung affiner Transformationen von Punktsystemen in der Ebene und im Raume. Zeitschr. f. Math. u. Phys. **58**. 1910 [5 S.].

162. Vortrag, betreffend automorphe Funktionen (Histor. Einleitung zu den Referaten von BROUWER, KOEBE, BIEBERBACH und HILB, vorgetr. 27. Sept. 1911). Verhandl. d. Ges. Dtsch. Naturforsch. u. Ärzte in Karlsruhe 1911, wiederabgedr. im Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. **21**, 153 ff. 1912.

163. Bericht über den heutigen Zustand des mathematischen Unterrichtes an der Universität Göttingen (ausgearb. Mitte Aug. 1914). Zeitschr. f. d. math. u. naturw. Unterr. **46**. 1915 [10 S.].

164. Zu HILBERTS erster Note über die Grundlage der Physik. G. N. 1917 (erschienen 1918). (Aus einem Briefwechsel zwischen KLEIN und HILBERT, vorgel. am 25. Januar 1918) [14 S.].

165. Festrede bei der Feier des 20jähr. Bestehens der Göttinger Vereinigung. Festbericht zum 20jähr. Bestehen der Vereinigung 1918 [13 S.], wiederabgedr. im Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. **27**. 1919.

166. Bericht über eine Reihe von Vorträgen über die Einsteinsche Gravitationstheorie in der Göttinger mathematischen Gesellschaft (geh. im S.-S. 1918). Jahresber. d. Dtsch. Math. Ver. **27**. 1918 [4 S.]. Abgedr. (auszugsweise) in den Verhandl. d. Amsterd. Akad. vom 26. Okt. 1918.

167. Über die Differentialgesetze für die Erhaltung von Impuls und Energie in der Einsteinschen Gravitationstheorie. G. N. 1918 (vorgel. am 19. Juli 1918) [19 S.].

168. Über die Integralform der Erhaltungssätze und die Theorie der räumlich geschlossenen Welt. G. N. 1919 (vorgel. am 6. Dez. 1918 [30 S.].

Mitteilungen des Vorstandes der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte.

Der Vorstand der Gesellschaft hat beschlossen, an Stelle der Herren Prof. Dr. TIMERDING, Braunschweig, und Direktor Dr. SCHOTTEN, Halle a. S., deren Amtszeit abgelaufen war, die

Herren Prof. Dr. KONEN, Bonn, und
Prof. Dr. KÜHN, Göttingen,

als Vertreter der Gesellschaft in den Deutschen Ausschuß für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht zu entsenden. Die Herren haben die Wahl angenommen.

Der geschäftsführende Sekretär der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte.
B. RASSOW.